รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรในท้องถิ่นไทยสู่อุตสาหกรรมยาและการใช้ประโยชน์

2. **โครงการวิจัย** : โครงการวิจัยการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรและพืชหอมระเหยอย่างยั่งยืนและเพิ่มมูลค่า

   กิจกรรม : การวิจัยน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรท้องถิ่น

   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : ศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรจากแหล่งต่างๆ

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Essential oil contents of herbal plants grown in different cultivation areas.

   รหัสการทดลอง 01-51-59-02-01-00-01-59

   : ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาพืชสมุนไพรที่มีต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย

   Effect of shelf life of medicinal plants on essential oil content

   รหัสการทดลอง 01-51-59-02-01-00-02-59

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นางสาวศรีสุดา โท้ทอง สถาบันวิจัยพืชสวน

   ผู้ร่วมงาน : นางสาวอนัญญา เอกพันธ์ สถาบันวิจัยพืชสวน

   : นางสาวลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์ สถาบันวิจัยพืชสวน

   : นายเกษมศักดิ์ ผลากร สถาบันวิจัยพืชสวน

   : นางสาวสุนิตรา คามีศักดิ์ สถาบันวิจัยพืชสวน

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ :

ข่า *Alpinia galanga* (Zingiberaceae) เป็นพืชยืนต้น จัดเป็นสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมประเภทเหง้า ข่าถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับใช้เป็นอาหารไทยและยาแผนโบราณ เห็นได้ชัดว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเหง้าข่าเป็นสิ่งบ่งบอกถึงศักยภาพของพืชชนิดนี้ ซึ่งมีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ได้แก่จังหวัดพิษณุโลก จันทบุรี พิจิตร ศรีสะเกษ และระนอง และได้มีการดำเนินงานเพื่อศึกษาตัวอย่างจากแหล่งปลูก 5 จังหวัด เพื่อ (ก) ประเมินแหล่งที่ปลูกพืชที่ให้ได้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยสูง (ข) ศึกษาสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาเหง้าข่าได้เป็นระยะที่เวลาที่ยาวนาน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า (ก) น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าของข่าแก่จากจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร ระนอง โดยวิธีต้มกลั่น มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีเหลืองปนเขียว ให้ผลผลิตร้อยละ 0.38, 0.3 และ 0.26% (v/w น้ำหนักสด) ตามลำดับ ผลผลิตน้ำมันระเหยจากเหง้าข่าที่ปลูกในแหล่งเดียวกัน พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างเหง้าอ่อนและเหง้าแก่ (ข) ผลผลิตน้ำมันจากเหง้าสด (0.258% v/w น้ำหนักสด) สูงกว่าเหง้าแห้ง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) ผลของการเก็บรักษาเหง้าแห้งที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลานาน 1, 3 และ 6 เดือน พบว่าให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.188, 0.218 และ 0.184% (v/w น้ำหนักสด) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ($p>0.01$)

คำสำคัญ: ข่า น้ำมันหอมระเหย

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

A perennial aromatic rhizomatous herb, *Alpinia galanga* (Zingiberaceae) has been widely used typical for the cuisine of Thailand and traditional medicines. The essential oil obtained from rhizomes apparently to explore its potential, which are cultivated extensively in Thailand, as Phitsanulok, Chanthaburi, Phichit, Si Sa Ket and Ranong provinces was conducted to (a) evaluate plant cultivated sources for high essential oil yield (b) identify environmental conditions that can extend the storage of rhizomes.

It is concluded that (a) the essential oils extracted by hydro distillation from rhizome parts of *A. galanga* from Phitsanulok, Phichit, Ranong provinces appeared as warm yellow viscous liquids with percentage yields of 0.38, 0.26, and 0.3 (v/w fresh weight), respectively. There were differences in oil yields in the same cultivated sources between immature and

mature rhizome. (b) The oil yields from fresh rhizomes (0.258% v/w fresh weight) were higher than from dried rhizomes, there were significant differences ($p>0.01$). The results of dried rhizome during storage at 10°C for 1, 3 and 6 months showed that oil yields were 0.188, 0.218 and 0.184% (v/w fresh weight) respectively, but there were not significant differences ($p>0.01$).

Key word: *Alpinia galanga*, essential oil

6. คำนำ :

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยา สปา บำบัดโรค (Aromatherapy) และใช้ปรุงแต่งรสกลิ่นในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำหอม เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมเกษตรเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ยารักษาสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้สารในน้ำมันหอมระเหยถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารชนิดใหม่ที่มีมูลค่าสูงกว่า เช่น สังเคราะห์วิตามินอีจากสาร linalool ที่ได้จากใบตะไคร้หอม เป็นต้น การสกัดน้ำมันหอมระเหยมีหลายวิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation & Hydro-distillation) การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) การกลั่นด้วยไอน้ำ (direct steam distillation) การสกัดด้วยน้ำมันสัตว์ (extraction by animal fat) การสกัดด้วยสารเคมี (solvent extraction) การคั้นหรือบีบ และการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (สิริลักษณ์, 2545)

สำหรับพืชวงศ์ขิงข่า Zingiberaceae ใช้ส่วนของเหง้าในการผลิตน้ำมันหอมระเหย เช่น ข่า *Alpinia galanga* ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจะมีสาร 1,8-cineole (28.4%), alpha-fenchyl acetate (18.4%), camphor (7.7%), (E)-methyl cinnamate (4.2%) และ guaiol (3.3%) เป็นสารประกอบหลัก (Jirovetz *et al*., 2003) และสารสกัดจากเหง้าข่ามีสารสำคัญหลายชนิด เช่น 1′-acetoxychavicol acetate (ACA), 1′-acetoxyeugenol acetate และ eugenol ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติต้านการอักเสบของข้อ สามารถยับยั้งการสลายของกระดูกอ่อน ใช้รักษาโรคไขข้ออักเสบ อีกทั้งสาร ACA มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งจากการเหนี่ยวนำของสารก่อมะเร็ง จึงช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้สาร ACA มีคุณสมบัติต้านเชื้อรา (Antifungal activity) เช่น เชื้อรา *Trichophyton mentagrophytes* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคกลาก อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยของข่ามีคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) เช่น เชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* เป็นต้น อีกทั้งสารยูคาลิปทอล (Eucalyptol) ในข่ามีประสิทธิภาพช่วยไล่แมลง (Chudiwai *et al*., 2010) การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการต่างๆกัน พบว่าการกลั่นน้ำมันหอมระเหยข่าตาแดง *Alpiniae officinarum* ด้วยวิธีกลั่นไอน้ำแบบดังเดิม Steam hydrodistillation และวิธีการสมัยใหม่ Ultrasonic assisted solvent extraction ด้วย ethyl ether และ วิธีสกัดสารแบบยิ่งยวด Supercritical fluid extraction จะให้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยในอัตรา 15.09, 11.14

และ 32.6 mL/kg และมีสารประกอบ 1,8-Cineole ในน้ำมันหอมระเหย เท่ากับ 1.69, 1.04 และ 1.72 mL ตามลำดับ (Yuan *et al*., 2017) อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นหรือสกัดได้ และปริมาณสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยย่อมแปรผันได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ พันธุกรรม อายุของพืช และสภาพแวดล้อม (Sripor and Jinda, 2014) และจากรายงานวิจัยพบว่าพืชสมุนไพรจากแหล่งปลูกที่ต่างกันมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ต่างกันด้วย (Fatma *et al*., 2009) เช่น เหง้าไพลจากแหล่งต่างๆกันจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Bua-in and Paisooksantivatana, 2009) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยสภาพแวดล้อมของแหล่งปลูก เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ แสงแดด ช่วงแสง คุณสมบัติดิน การให้น้ำ-ปุ๋ย ระยะเก็บเกี่ยว เป็นต้น ได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยในพืชสมุนไพร (Nadia *et al*., 2013) นอกจากนี้พบว่า การเก็บรักษาจะส่งผลอย่างมากต่อคุณภาพของสมุนไพร เช่น ขิง เมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสม 5 °c จะทำให้ขิงยังคงรักษาคุณภาพได้นานถึง 4 เดือน โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับขิงสดที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ (Ghasemzadeh *et al*., 2016) ดังนั้นในเบื้องต้นจึงควรศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลแหล่งปลูกสมุนไพรท้องถิ่น และการเก็บรักษาวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย ตลอดจนเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยด้านอื่นๆ ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

7. วิธีดำเนินการ :

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรจากแหล่งต่างๆ

- อุปกรณ์ ได้แก่ ชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดสี (Colorimeter)
- วิธีการ

<u>แผนการทดลอง</u> ไม่มี

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1) ทำการเก็บตัวอย่างพืช เช่น เหง้าข่า จากแหล่งปลูกต่างๆ

2) การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบเพื่อกลั่นน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ ข่า

2.1 ตัดแต่งเหง้าข่า โดยตัดส่วนของลำต้น ราก และส่วนที่เน่าเสียออกทิ้ง

2.2 ทำความสะอาดเหง้าด้วยแปรงขัดและล้างน้ำสะอาด และแช่เหง้าข่าในน้ำสะอาดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (อัตราส่วนโซเดียมไบคาร์บอเนต 10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร) นาน 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง นำไปผึ่งลมให้แห้ง และบรรจุตัวอย่างสดใส่ถุงพลาสติก นำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไป

3) การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีต้มกลั่น (Water distillation)

3.1 นำเหง้าข่าสด 200 กรัม (หั่นแบบลูกเต๋า ขนาด 0.50 x 0.50 มิลลิเมตร) ใส่ลงในขวดแก้วก้นกลม ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

3.2 นำขวดแก้วตั้งบนเตาหลุม เปิดไฟให้เตามีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนน้ำเดือด จึงปรับอุณหภูมิเตาลดลง เป็น 90 องศาเซลเซียส กลั่นนาน 5 ชั่วโมง

3.3 ทำการเก็บน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นออกมาได้ และบรรจุลงในขวดแก้วสีชา

3.4 คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหย = ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml) x 100 / น้ำหนักตัวอย่างพืช (g)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย T-test

การบันทึกข้อมูล

บันทึกขนาดเหง้าโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความแน่นเนื้อของเหง้าสด และชั่งน้ำหนักของเหง้าสด วัดสีของน้ำมันหอมระเหย วัดปริมาณและชั่งน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้

- เวลาและสถานที่

ปีที่เริ่มต้น 2559 ปีที่สิ้นสุด 2563 แหล่งปลูกข่าจ. ระนอง ศรีสะเกษ จันทบุรี พิจิตร พิษณุโลก และสถาบันวิจัยพืชสวน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาของสมุนไพรที่มีต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย

- อุปกรณ์ ได้แก่ ชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย เครื่องวัดสี (Colorimeter) เตาอบลมร้อน

- วิธีการ

แผนการทดลอง ไม่มี

วิธีปฏิบัติ

1) ทำการเก็บตัวอย่างพืช เหง้าข่าแก่และข่าอ่อนจากแหล่งปลูกมาใช้เป็นวัตถุดิบทดลอง

2) การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบเพื่อกลั่นน้ำมันหอมระเหย

2.1 ตัดแต่งเหง้าข่า โดยตัดส่วนของลำต้น ราก และส่วนที่เน่าเสียออกทิ้ง

2.2 ทำความสะอาดเหง้าด้วยแปรงขัดและล้างน้ำสะอาด และแช่เหง้าข่าในน้ำสะอาดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (อัตราส่วนโซเดียมไบคาร์บอเนต 10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร) นาน 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง นำไปผึ่งลมให้แห้ง และเก็บตัวอย่างสดบรรจุใส่ถุงพลาสติก นำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างละ 200 กรัม เพื่อนำไปใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไป

2.3 การเตรียมตัวอย่างข่าแห้ง นำข่าสดตัวอย่างละ 200 กรัม ที่หั่นเป็นลูกเต๋าขนาด 0.50 x 0.50 มิลลิเมตร ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (มีความชื้นไม่เกิน 15%) บรรจุตัวอย่างข่าที่อบแห้งในถุงซีลสูญญากาศ เพื่อนำไปเก็บรักษาตามกรรมวิธีทดลอง คือ เก็บรักษาข่าแห้งในตู้เย็น นาน 1, 3 และ 6 เดือนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยก่อนเก็บรักษาได้ชั่งน้ำหนักของข่าแห้งเพื่อคำนวณหาสัดส่วนน้ำหนัก สด : แห้ง

3) การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีต้มกลั่น (Water distillation)

3.1 วิธีกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าสด ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.2 วิธีกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าแห้ง

กรมวิชาการเกษตร

- ข่าแก่ นำตัวอย่างข่าแห้ง 60 กรัม ลงในขวดแก้วก้นกลม ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปต้มกลั่น (Water distillation) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

- ข่าอ่อน นำตัวอย่างข่าแห้ง 30 กรัม ลงในขวดแก้วก้นกลม ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที และนำไปต้มกลั่น (Water distillation) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

3.3 ทำการเก็บน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นออกมาได้ และบรรจุลงในขวดแก้วสีชา

3.4 คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหย = $\frac{\text{ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml) x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างพืช (g)}}$

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย T-test

การบันทึกข้อมูล

บันทึกน้ำหนักของเหง้าสดและแห้ง วัดสีของน้ำมันหอมระเหย วัดปริมาณและชั่งน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้

- เวลาและสถานที่

ปีที่เริ่มต้น 2559 ปีที่สิ้นสุด 2563 แหล่งปลูกข่า จ. ระนอง จันทบุรี และสถาบันวิจัยพืชสวน

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การรวบรวมเหง้าข่า จากแหล่งต่างๆ (ภาคผนวก) พบว่า เหง้าข่าอ่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.78-2.11 ซม. และเหง้าข่าแก่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.87-2.33 ซม. (ตารางที่ 1) และมีลักษณะดังนี้

ลักษณะความแน่นเนื้อ เหง้าของข่าอ่อนมีความแน่นเนื้อ 3.81-4.52 นิวตัน ข่าอ่อนพิษณุโลกมีความแน่นเนื้อมากสุดและแตกต่างจากข่าอ่อนจันทบุรี (t-value 3.13891; p-value. 003972; significant at $p < .01$)

ส่วนเหง้าของข่าแก่มีความแน่นเนื้อ 4.94-6.37 นิวตัน โดยข่าแก่พิษณุโลกมีความแน่นเนื้อมากสุดและแตกต่างจากข่าแก่พิจิตร เช่นเดียวกัน (t-value 3.51864; p-value .002453; significant at $p < .01$)

ลักษณะของสี ได้แก่

เฉดสี (hue, h°): สีเนื้อเหง้าของข่าอ่อนและข่าแก่มีเฉดสีเป็นสีเหลือง และพบว่าข่าอ่อนมีเฉดสีเหลืองไม่ต่างกัน ข่าแก่ก็เช่นเดียวกัน ยกเว้นข่าแก่ระนองที่มีเฉดสีเหลืองเข้มที่แตกต่างจากข่าแก่พิจิตร (t-value 3.69784; p-value .001647; significant at $p < .01$)

ความอิ่มตัวของสี (chroma, C*): เมื่อพิจารณาค่า C* ซึ่งแสดงถึงความสดของสีหรือความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ได้แสดงผลดังนี้

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าข่าอ่อนศรีสะเกษและข่าอ่อนพิษณุโลกมีสีเหลืองสด โดยข่าอ่อนศรีสะเกษมีความสดของสีมากกว่าและแตกต่างจากข่าอ่อนพิจิตรและจันทบุรี (t-value is 8.33154; p-value is < .00001; significant at p < .01 และ t-value is 3.18749; p-value is .003515; significant at p < .01 ตามลำดับ) ข่าอ่อนพิษณุโลกมีสีเหลืองสดมากกว่าและแตกต่างจากข่าอ่อนพิจิตร (t-value is 6.47044; p-value < .00001; significant at p < .01)

- สำหรับกลุ่มข่าแก่ พบว่าเนื้อเหง้าของข่าแก่ที่มีสีเหลืองนั้นมีความอิ่มตัวของสีที่แตกต่างกัน โดยข่าแก่ระนองมีสีเหลืองสดมากและมีความอิ่มตัวของสีมากกว่าข่าแก่พิจิตรและพิษณุโลก (t-value 18.25542; p-value is < .00001; significant at p < .01 และ t-value is 8.92554; p-value < .00001; significant at p < .01 ตามลำดับ) และข่าแก่พิษณุโลกมีสีเหลืองสดมากกว่าข่าแก่พิจิตร (t-value 5.74607; p-value is .000019; significant at p < .01)

ค่าความสว่าง (L*) และค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b*

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าเนื้อเหง้าของข่าอ่อนมีค่าความสว่าง (L*) ที่แตกต่างกัน โดยข่าอ่อนจันทบุรีและพิจิตรมีสีสว่างมาก โดยเฉพาะข่าอ่อนจันทบุรีมีสีสว่างกว่าข่าอ่อนศรีสะเกษและพิษณุโลก (t-value 3.49387; p-value .001602; significant at p < .01 และ t-value 10.30902; p-value < .00001; significant at p < .01 ตามลำดับ) โดยข่าอ่อนพิษณุโลกมีสีทึบกว่าข่าอ่อนศรีสะเกษและข่าพิจิตร (t-value 4.90287; p-value .000115; significant at p < .01 และ t-value 9.60207; p-value < .00001; significant at p < .01 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b*) จะเห็นว่าเนื้อเหง้าของข่าอ่อนพิษณุโลกและศรีสะเกษมีสีเหลืองเข้มมากกว่าข่าอ่อนพิจิตรและจันทบุรี แต่สำหรับค่าสีแดง (a*) พบว่ามีค่าต่ำ โดยข่าอ่อนจันทบุรี มีค่าสีแดง a* สูงสุด 1.91 และสูงมากกว่าข่าอ่อนศรีสะเกษและพิจิตร (t-value 10.30902; p-value < .00001; significant at p < .01 และ t-value 3.49387; p-value .001602; significant at p < .01)

- สำหรับข่าแก่ พบว่าเนื้อเหง้าของข่าแก่มีค่าความสว่าง (L*) ที่แตกต่างกัน โดยข่าแก่ระนองและพิจิตรมีสีสว่างมากและแตกต่างจากข่าแก่พิษณุโลก (t-value 4.91207; p-value .000112; significant at p < .01 และ t-value 4.96976; p-value .000099; significant at p < .01 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b*) จะเห็นว่าเนื้อเหง้าของข่าแก่ระนองมีสีเหลืองเข้มมากกว่าและแตกต่างจากข่าแก่พิษณุโลกและพิจิตร (t-value is 9.02913; p-value is < .00001; significant at p < .01 และ t-value 18.75952; p-value is < .00001; significant at p < .01 ตามลำดับ) แต่สำหรับค่าสีแดง (a*) พบว่ามีค่าต่ำและไม่แตกต่างกัน

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE*) ระหว่างตัวอย่างข่ากับ white reference standard มีดังนี้

- ข่าอ่อนพิษณุโลกและศรีสะเกษ มีค่า ΔE* ที่ไม่แตกต่างกัน (t-value 0.55057; p-value .588696; not sig. at p < .01) เช่นเดียวกัน ข่าอ่อนพิจิตรและจันทบุรีมีค่า ΔE* ที่ไม่แตกต่างกัน (t-value 1.80443; p-value .087923; not sig. at p < .01) แต่ข่าอ่อนพิษณุโลกมีค่า ΔE* แตกต่างจากข่าอ่อนพิจิตรและจันทบุรี (t-value 9.74344; p-value < .00001; significant at p < .01 และ t-value 5.64479; p-value .000024; significant at p < .01 ตามลำดับ) รวมทั้งข่าอ่อนศรีสะเกษมีค่า ΔE* แตกต่างจากข่าอ่อนพิจิตรและ

กรมวิชาการเกษตร

จันทบุรี (t-value 8.02979; p-value .00001; significant at p < .01 และ t-value 4.77816; p-value .00015; significant at p < .01 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าสีเนื้อของเหง้าข่าอ่อนแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสีเหลืองอ่อน (ข่าอ่อนพิจิตรและจันทบุรี) และกลุ่มสีเหลืองเข้ม (ข่าอ่อนพิษณุโลกและศรีสะเกษ)

- สำหรับข่าแก่ พบว่าข่าแก่ระนองและพิษณุโลก มีค่า ΔE* ที่ไม่แตกต่างกัน (t-value 2.4761; p-value .023443; not sig. at p < .01) แต่ข่าแก่ระนองและพิษณุโลกมีค่า ΔE* แตกต่างจากข่าพิจิตร (t-value 10.29443; p-value < .00001; significant at p < .01 และ t-value 7.21293; p-value < .00001; significant at p < .01 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าสีเนื้อของเหง้าข่าแก่แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสีเหลืองอ่อน (ข่าอ่อนพิจิตร) และกลุ่มสีเหลืองเข้ม (ข่าอ่อนพิษณุโลกและระนอง) ซึ่งสอดคล้องกับ Xainhiaxang *et al.* (2018) รายงานการวัดสีของสมุนไพรแต่ละชนิด จะมีค่าสีเฉพาะ โดยสีของข่าแห้งแบบบด จะมีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 61.66, 7.64 และ 22.29 ตามลำดับ

<u>ปริมาณน้ำมันหอมระเหย</u> (ตารางที่ 2) น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้มีความแตกต่างกัน ดังนี้

- กลุ่มข่าอ่อน พบว่า ข่าอ่อนศรีสะเกษ ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าข่าอ่อนพิษณุโลกและพิจิตร (t-value 3.0052; p-value .004211; significant p < .01 และ t-value 3.55985; p-value .000849; significant p < .01 ตามลำดับ) ส่วนข่าอ่อนจันทบุรีมีแนวโน้มให้น้ำมันหอมระเหยน้อยเช่นกัน

- สำหรับข่าแก่ พบว่าข่าแก่พิษณุโลก (ข่าหยวก) ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.38% (v/w) สูงกว่าข่าแก่ระนอง (ข่าเหลือง) และพิจิตร (ข่าแดง) (t-value 5.52182; p-value <.00001; significant p < .01 และ t-value 2.8732; p-value .006036; significant p < .01 ตามลำดับ) โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยของข่าระนองและพิจิตรไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 0.26 และ 0.30 % (v/w) ตามลำดับ (t-value 2.11045; p-value .040056; not significant at p < .01.) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Tonwitowat (2008) ได้รวบรวมพันธุ์ข่าปลูกในประเทศไทย และรายงานว่าข่าแก่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในระยะเก็บเกี่ยว 8 เดือน เฉลี่ย 0.33 % (ข่าแดง) 0.27% (ข่าเหลือง) 0.28% (ข่าหยวก) แต่ Tachakittirungrod and Chowwanapoonpohn (2007) รายงานว่า ข่า *A. galanga* จะให้น้ำมันหอมระเหยสีเหลือง ปริมาณ 0.06% (v/w) โดยวิธีต้มกลั่น (Water-distillation) และมีรายงานว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยของข่าหยวก (0.50-1.10%) และองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยคือ 1, 8–ซินีออล มีความแตกต่างกันเมื่อปลูกในสถานที่ต่างกัน (จันไท, 2554) อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันหอมระเหยอาจจะแปรผันได้ ถ้าเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเวลาที่ต่างกัน เช่น ข่าแก่พิษณุโลก ให้ปริมาณน้ำมัน 0.18% v/w fresh weight หรือ 0.10% w/w fresh weight (ภาคผนวก การทดลองที่1 ตารางที่ 16)

- เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันของข่าแก่และข่าอ่อนจากแหล่งเดียวกัน (พิจิตรและพิษณุโลก) พบว่าข่าแก่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าข่าอ่อน (t-value 5.94882; p-value <.00001; significant p < .01) เช่น ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในเหง้าข่าแก่พิจิตรมี 0.30 และเหง้าข่าอ่อนพิจิตร มี 0.24 % (v/w) ทั้งนี้ Santos *et al*. (2012) รายงานว่าปริมาณและผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยของข่าคม *A. zerumbet* มีปริมาณเพิ่มเป็นทวีคูณตามอายุของพืชที่มากขึ้น เช่นเดียวกันมีรายงานว่า สามารถเก็บเกี่ยวเหง้าข่า *A. galanga* ที่ได้

กรมวิชาการเกษตร

ตั้งแต่อายุ 18 เดือนหลังปลูก แต่ระยะเก็บเกี่ยวที่ให้ผลผลิตเหง้าและปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด คือ ช่วงอายุ 36-42 เดือนหลังปลูก (Kurian and Sankar, 2007) โดยระยะเก็บเกี่ยวที่ 39 เดือนหลังปลูกจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่คุ้มค่า (127.4 ลิตร/6.25 ไร่) จากผลผลิตที่เป็นเหง้าข่า 19.5 ตัน/6.25 ไร่ แต่ที่ระยะ 42 เดือนหลังปลูก ให้น้ำมันที่มีคุณภาพ มี cineole สูง 27.1% (Raviraja and Monisha, 2015)

ลักษณะของสีของน้ำมันหอมระเหย โดยใช้เครื่องวัดสี เป็นการวัดในระบบ CIE พบว่า

เฉดสี (hue, h°): น้ำมันหอมระเหยข่าอ่อนและข่าแก่มีเฉดสีเหลืองปนเขียว

ความอิ่มตัวของสี (chroma, C*): มีดังนี้

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าอ่อนจันทบุรีมีสีเหลืองสดกว่าข่าอ่อนศรีสะเกษ พิษณุโลก และพิจิตร ซึ่งสอดคล้องกับค่า **b*** ที่ข่าอ่อนจันทบุรีมีค่า **b*** สูงสุด

- สำหรับกลุ่มข่าแก่ พบว่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่ระนองมีสีเหลืองสดมากและมีความอิ่มตัวของสีมากกว่าข่าแก่พิจิตรและพิษณุโลก

ค่าความสว่าง (L*) และค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b*

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าอ่อนจากทุกแหล่งมีค่าความสว่าง (L*) ที่ใกล้เคียงกัน และมีค่า a* ติดลบ ซึ่งแสดงค่าเป็นสีเขียวนั้นสอดคล้องกับค่าเฉดสี h° แต่เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b*) จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยของจันทบุรีมีสีเหลืองเข้มกว่าข่าอ่อนจากแหล่งอื่นๆ

- สำหรับข่าแก่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่จากทุกแหล่งมีค่าความสว่าง (L*) ที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าสีเขียว (-a*) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b*) จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่ระนองมีสีเหลืองเข้มมากกว่าข่าแก่พิษณุโลกและพิจิตร

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE*) ระหว่างตัวอย่างข่ากับน้ำ มีดังนี้

- ข่าอ่อนพิจิตรมีค่า ΔE* ต่ำกว่าข่าอ่อนจันทบุรี ข่าอ่อนพิษณุโลก และศรีสะเกษ ซึ่งสอดคล้องกับค่า b* ที่มีค่าต่ำเช่นกัน แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าอ่อนพิจิตรมีสีเหลืองอ่อน ขณะที่ข่าอ่อนจันทบุรี ข่าอ่อนพิษณุโลก และศรีสะเกษ มีสีเหลืองเข้มกว่า

- สำหรับข่าแก่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่ระนอง มีค่า ΔE* สูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า b* ที่มีค่าสูงเช่นกัน แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่ระนองมีสีเหลืองเข้ม ขณะที่ข่าแก่พิษณุโลกและข่าพิจิตรมีค่า ΔE* ต่ำและสอดคล้องกับค่า b* ที่มีค่าต่ำเช่นกัน แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยมีสีเหลืองอ่อน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาพืชสมุนไพรที่มีต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย

การเก็บรักษาข่าแก่และข่าอ่อน ในรูปแบบแห้ง นาน 1, 3, 6 เดือน ได้แสดงผลตามตารางที่

ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

- ข่าแก่ (ข่าเหลืองระนอง) พบว่า ข่าสดให้มวลน้ำหนักแห้ง 29.8% และข่าสดให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.26% (v/w fresh weight) ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar (2019) รายงานว่า ข่าสดที่อายุ 12 เดือนให้มวลน้ำหนักแห้ง 23.61% และ ข่าสดที่อายุ 24 เดือน ให้มวลน้ำหนักแห้ง 27.32% และ Joy et *al*. (2002)

กรมวิชาการเกษตร

รายงานว่า ข่าสดแปรรูปเป็นข่าแห้งจะมีมวลน้ำหนัก 27.98% และให้น้ำมันหอมระเหย 0.20% จากน้ำหนักข่าสด และ 0.71% จากน้ำหนักข่าแห้ง การทดลองนี้พบว่าการเก็บรักษาข่าในรูปแบบแห้งมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย พบว่าข่าสดมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 1, 3 และ 6 เดือน ทั้งปริมาตรและน้ำหนัก (t-value 4.50598, p-value .000042, significant at $p < .01$; t-value 2.98419, p-value .004462, significant at $p < .01$ และ t-value 5.41625, p-value < .00001, significant at $p < .01$ ตามลำดับ) สอดคล้องกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากข่าโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำโดยใช้น้ำหนักพืช 10 กิโลกรัม ต่อการกลั่น 1 ครั้งโดยใช้เวลาในการกลั่น 1 ชั่วโมง 2 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากข่าแบบพืชแห้งมากกว่าแบบพืชสด เท่ากับ 6.9 และ 3.4 มิลลิลิตร ตามลำดับ (ธนาภรณ์ และพรทิพย์, 2554) และเช่นเดียวกับ ศรีมา (2564) ที่รายงานว่า ข่าอบแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหย (0.0927-0.0928% โดยมวล) แตกต่างจากข่าสด (0.2811% โดยมวล)

ข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 1 เดือนมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างจากข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือนเช่นกัน (t-value -2.15945; p-value .03584; not significant at $p < .01$ และ t-value 0.28284; p-value .778514; not significant at $p < .01$ ตามลำดับ) และข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือนมีมวลน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างกัน (t-value -0.07983; p-value .936704; not significant at $p < .01$)

- <u>ข่าอ่อน</u> ข่าพื้นบ้านจันทบุรี พบว่า ข่าสดให้มวลน้ำหนักแห้ง 14.08% และข่าสดให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.13% (v/w fresh weight) ข่าสด 200 กรัมเมื่อแปรรูปเป็นข่าแห้งจะให้น้ำมันหอมระเหย 0.17% (v/w fresh weight) และมีปริมาณไม่แตกต่างจากข่าสด (t-value -2.04939; p-value .086315; not significant at $p < .01$) อีกทั้งพบว่าข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 1 เดือนมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างจากข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือน ทั้งโดยปริมาตรและน้ำหนัก (ปริมาตร: t-value 0.46899, p-value .644708, not sig. at $p < .01$; t-value -0.52428, p-value .60615, not sig. at $p < .01$ และน้ำหนัก: t-value 0.74801, p-value .464118, not sig. at $p < .01$; t-value -0.18, p-value .858284, not sig. at $p < .01$ ตามลำดับ) และข่าแห้งที่เก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือนมีปริมาตรและมวลน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างกัน (t-value -1.04673; p-value .307121; not sig. at $p < .01$. และ t-value -1.04462; p-value .308075; not sig. at $p < .01$. ตามลำดับ)

ในขณะที่มีรายงานว่าเหง้าข่าอายุ 2.5-4 เดือน เมื่อผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิห้องให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.03% (v/w dry weight) มีสีเหลืองใส (Eff and Rahayu, 2016) แต่ Raina and Abraham (2017) พบ 0.21-0.41 % dry wt. และ Wu et *al*. (2014) รายงานว่าให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.3% (v/w dry weight) หรือ 0.30×10^{-2} L/kg (v/w) และมีความหนาแน่น 0.87 g/ml. ซึ่งความแตกต่างทั้งปริมาณน้ำหอมระเหยของข่าแห้งและองค์ประกอบของสารในน้ำมันหอมระเหยนี้ มีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ ระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว พื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล และระยะเวลาในการเก็บรักษาสมุนไพร

<u>ลักษณะของสีของน้ำมันหอมระเหย</u> ได้แก่

กรมวิชาการเกษตร

เฉดสี (hue, h°): เมื่อเก็บรักษาในรูปข่าแห้งนาน 1-6 เดือน เมื่อกลั่นน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่จะได้เฉดสีเหลืองปนเขียว และข่าอ่อนที่เก็บรักษามีเฉดสีเหลืองปนเขียว เช่นกัน

ความอิ่มตัวของสี (chroma, C*): มีดังนี้

- สำหรับข่าแก่ พบว่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บรักษานานขึ้น ความอิ่มตัวหรือความสดของสีจะมีแนวโน้มลดลง

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่แปรรูปจากข่าอ่อนจันทบุรีมีความอิ่มตัวหรือความสดของสีเหมือนเดิม

ค่าความสว่าง (L*) และค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b*

- สำหรับข่าแก่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L*) แนวโน้มลดลง โดยเฉพาะค่าสีเหลือง (b*) จะเห็นว่ามีสีเหลืองจางลง และค่าสีเขียว (-a*) พบว่าก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน

- ในกลุ่มข่าอ่อน พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บรักษานาน มีค่าความสว่าง (L*) ค่า a* ค่าสีเหลือง (b*) คงเดิม

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE*) ระหว่างตัวอย่างข่ากับน้ำมีดังนี้

- สำหรับข่าแก่ พบว่าค่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บไว้นานขึ้น ΔE*มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า b* ที่มีค่าลดลงเช่นกัน

- ในกลุ่มข่าอ่อน ค่าสีน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บนานขึ้น มีค่า ΔE* เหมือนเดิม

8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การรวบรวมเหง้าข่าจากแหล่งต่างๆ พบว่า เหง้าข่าอ่อนและเหง้าข่าแก่มีความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน และเฉดสีของเนื้อเหง้าข่ามีสีเหลืองที่แตกต่างกันโดยเฉพาะข่าแก่ สีของน้ำมันหอมระเหยที่มีสีเหลืองปนเขียวโดยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของสี b* ที่มีแนวโน้มแตกต่างกัน ข่าแก่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าข่าอ่อนซึ่งข่าแก่พิษณุโลก (ข่าหยวก) ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.38% (v/w fresh weight) สูงกว่าข่าแก่ระนอง (ข่าเหลือง) และพิจิตร (ข่าแดง) เฉลี่ย 0.26 และ 0.30% (v/w fresh weight) ตามลำดับ

การเก็บรักษาข่าแก่ (ข่าเหลืองระนอง) ซึ่งมีสัดส่วนน้ำหนักสด: แห้ง เท่ากับ 100: 29.8 พบว่าข่าสดแก่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.26% (v/w fresh weight) เมื่อเก็บรักษาข่าแห้งนาน 1, 3 และ 6 เดือน พบว่ามีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าข่าสดทั้งปริมาตรและน้ำหนัก และการเก็บรักษาข่าแห้งนาน 1-6 เดือน มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างกัน สีน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้งที่เก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง โดยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ b* (แสดงค่าสีเหลือง)

ส่วนการเก็บรักษาข่าอ่อน (ข่าหยวกจันทบุรี) ซึ่งมีสัดส่วนน้ำหนักสด: แห้ง เท่ากับ 100: 14.08 พบว่าข่าสดอ่อนให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.13% (v/w fresh weight) และข่าแห้งให้น้ำมันหอมระเหย 0.17% (v/w

กรมวิชาการเกษตร

fresh weight) หรือ 1.20% (v/w dry weight) ซึ่งข่าสดให้ผลไม่แตกต่างจากข่าแห้ง เมื่อเก็บรักษาข่าแห้งนาน 1-6 เดือน พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยและสีน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างกันในกลุ่มข่าอ่อน

9. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

ข้อมูลของงานวิจัยจะทำให้ตระหนักถึงการเลือกใช้วัตถุดิบข่าและวิธีการเก็บรักษาข่าที่จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูง และมีคุณภาพสีตามที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์

10. คำขอบคุณ (ถ้ามี) :

11. เอกสารอ้างอิง :

จันไท จิตรจักร. 2554. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากข่า. การประชุมวิชาการด้านป่าไม้ “เทคโนโลยีด้านป่าไม้เพื่อประชาชน” หน้า 1-20. *ใน*: วันที่ 28 - 29 มิถุนายน 2554 ณ อาคารกริตสามะพุทธิ กรมป่าไม้. ค้นจาก http://forprod.forest.go.th › news_1 › presentation. เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2564.

ธนาภรณ์ มารมย์ และพรทิพย์ แผ่นทอง. 2554. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากข่า. วิทยานิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

ศรีมา แจ้คำ, กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์ และเอกภูมิ บุญธรรม. 2564. การอบแห้งสมุนไพรด้วยระบบสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดและอากาศร้อน. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม* มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. ปีที่ 3(1): 32-43.

สิริลักษณ์ มาลานิยม. 2545. น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย. *สมอ. สาร* ปีที่ 28(325): 3-6.

Bua-in, S. and Y. Paisooksantivatana. 2009. Essential oil and antioxidant activity of Cassumunar Ginger (Zingiberaceae: *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) collected from various parts of Thailand. *Kasetsart J.* (*Nat. Sci.*) Vol. 43: 467–475.

Chudiwai, A. K., D. P. Jain and R. S. Somani. 2010. *Alpinia galangal* Willd.- An overview on phytopharmacological properties. *Indian J. Prod. Resour*. Vol. 1(2): 143-149.

Eff, A. R. Y. and S. T. Rahayu. 2016. The antibacterial effects of essential oil from galangal rhizome, *Alpinia galanga* (Linn.) on pierreon rat (*Rattus norvegiccus* L.) were infected by *Salmonella typhi*. *Asian J. Pharm. Clin. Res.*, Vol 9, Suppl. 1: 189-193.

Fatma, U. A., Barakat. E. Abu–Irmaileh and Rinad. A. Al-Noubani. 2009. Comparative analysis of the essential oils of *Teucrium polium* L. grown in different arid & semi arid habitats in Jordan. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 2(1): 42-52.

กรมวิชาการเกษตร

Ghasemzadeh, A., Hawa Z. E. Jaafar and Asmah Rahmat. 2016. Changes in antioxidant and antibacterial activities as well as phytochemical constituents associated with ginger storage and polyphenol oxidase activity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 16 (382): 1-11.

Jirovetz, L., Gerhard Buchbauer, Mohamed P. Shafi and Neettiyath Kalathil Leela. 2003. Analysis of the essential oils of the leaves, stems, rhizomes and roots of the medicinal plant *Alpinia galanga* from southern India. *Acta Pharmaceutica* Vol. 53(2): 73-81.

Joy, P. P., J. Thomas, Samuel Mathew and Baby P. Skaria. 2002. Effect of spacing and manuring on growth, yield and nutrient content of *Alpinia galangal* (L.) Willd. *Journal of spices and Aromatic Crops*. Vol. 11(1): 22-25.

Kumar, A. 2019. Cultivation and medicinal properties of Alpinia galangana (L.) Willd. *AGRICULTURE & FOOD: e-Newsletter* Vol. 1 (4):136-138.

Kurian, A. and M. Asha Sankar. 2007. Medicinal Plants. New India Publishing, New Delhi, India. 356 pp.

Nadia, A. A., Enas N. Danial and Hasnaa S. Ayad. 2013. The effect of environmental stress on qualitative and quantitative essential oil of aromatic and medicinal plants. *Archives Des Sciences*. Vol. 66(4): 100-120.

Raina, A. P. and Z. Abraham. 2017. Essential oil profiling of Alpinia species from southern India. *Indian Journal of Experimental Biology*, Vol. 55: 776-781.

Raviraja, Shetty G. and S. Monisha. 2015. Pharmacology of an endangered medicinal plant *Alpinia galanga* – A review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. Vol. 6(1): 499-511.

Santos, M. S., Caroline N. Jezler, Ariana R. M. F. de Oliveira, Rosilene A. Oliveira, Marcelo S. Mielke, Larissa C. B. Costa. 2012. Harvest time and plant age on the content and chemical composition of the essential oil of *Alpinia zerumbet*. *Horticultura Brasileira* Vol. 3(3): 385-390.

Sripor, W. and N. Jinda. 2014. Effect of *Alpinia galangal* essential oil on bacteria spoilage. pp. 382-387. *In*: The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference. November 26-29, 2014. Mae Fah Lunag University, Chiang Rai, Thailand.

Tachakittirungrod, S. and Sombat Chowwanapoonpohn. 2007. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of essential oils from *Hyptis suaveolens* and *Alpinia galanga* growing in northern Thailand. *CMU. J. Nat. Sci.* Vol. 6(1):31-42.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Tonwitowat, R. 2008. Cultivars, agronomic characteristics and chemical compositions of Alpinia galangal From various regions of Thailand. *Acta Hortic*. 786: 235-242.

Wu, Y., Ying Wang, Zhi-Hua Li, Cheng-Fang Wang, Jian-Yu Wei, Xiao-Lan Li, Ping-Juan Wang, Zhao-Feng Zhou, Shu-Shan Du, Dong-Ye Huang, Zhi-Wei Deng. 2014. Composition of the essential oil from *Alpinia galanga* rhizomes and its bioactivity on *Lasioderma serricorne*. *Bulletin of Insectology*, Vol. 67(2): 247-254.

Xainhiaxang, S., Noppol Leksawasdi and Tri Indrarini Wirjantoro. 2018. Antimicrobial Activities of some Herb and Spices Extracted by Hydrodistillation and Supercritical Fluid Extraction on the Growth of *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* and *Staphylococcus aureu* in Microbiological Media. *Food and Applied Bioscience Journal*, Vol. 6: 218–239.

Yuan, Y., L. J. Lin, X. B. Huang and J. H. Li. 2017. Analysis of the essential oils of *Alpiniae officinarum* Hance in different extraction methods. pp. 1-7. *In*: The 2017 2nd International Seminar on Advances in Materials Science and Engineering. July 28–30, 2017, Singapore. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 231 IOP Publishing.

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและสีของเนื้อเหง้าข่าที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ

ตัวอย่างพืช	ขนาดเหง้า Ø (ซม.)[1/]	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)[1/]	ค่าสีของเนื้อข่าสด [1/]					
			L*	a*	b*	ΔE* [2/]	C*	h°
ข่าอ่อน จันทบุรี	1.80	3.81 b	76.89 a	1.91 a	23.51 bc	32.76 b	24.08 bc	85.57
ข่าอ่อน ศรีสะเกษ	2.02	4.07 ab	74.50 b	0.14 b	29.72 a	39.33 a	29.81 a	90.12
ข่าอ่อน พิษณุโลก	2.11	4.52 a	70.80 c	1.72 ab	26.86 ab	39.85 a	26.98 ab	86.25
ข่าอ่อน พิจิตร	1.78	3.90 ab	76.07 ab	0.70 b	20.97 c	32.15 b	20.98 c	88.12

ข่าแก่ พิษณุโลก	2.33	6.37 a	69.37 b	1.89	28.23 b	42.23 a	28.32 b	86.12 ab
ข่าแก่ พิจิตร	1.87	4.94 b	75.43 a	2.25	20.00 c	31.89 b	20.16 c	83.54 b
ข่าแก่ ระนอง	1.88	5.69 ab	77.45 a	0.51	40.01 a	46.21 a	40.12 a	89.34 a

1/ ค่าเฉลี่ย 10 ตัวอย่าง

2/ เปรียบเทียบกับ white reference standard

หมายเหตุ :

- L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100
  L* = 0 สีจะเป็นไปในทิศทางมืดเป็นสีดำ L* = 100 สีจะเป็นไปในทิศทางสว่างเป็นสีขาว
- แกน a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว
  a* เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง a* เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว
- แกน b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน
  b* เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง b* เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน
- Hue angle แสดงค่าเป็นองศา h* = 0° แสดงว่าเป็นสีแดง h* = 90° แสดงว่าเป็นสีเหลือง
  h* =180° แสดงว่าเป็นสีเขียว h* = 270° แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน
- C* (Choma) ความเข้มหรือความบริสุทธิ์ของสี

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ปริมาณและลักษณะสีของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นโดยวิธีต้มกลั่นจากเหง้าข่าสด

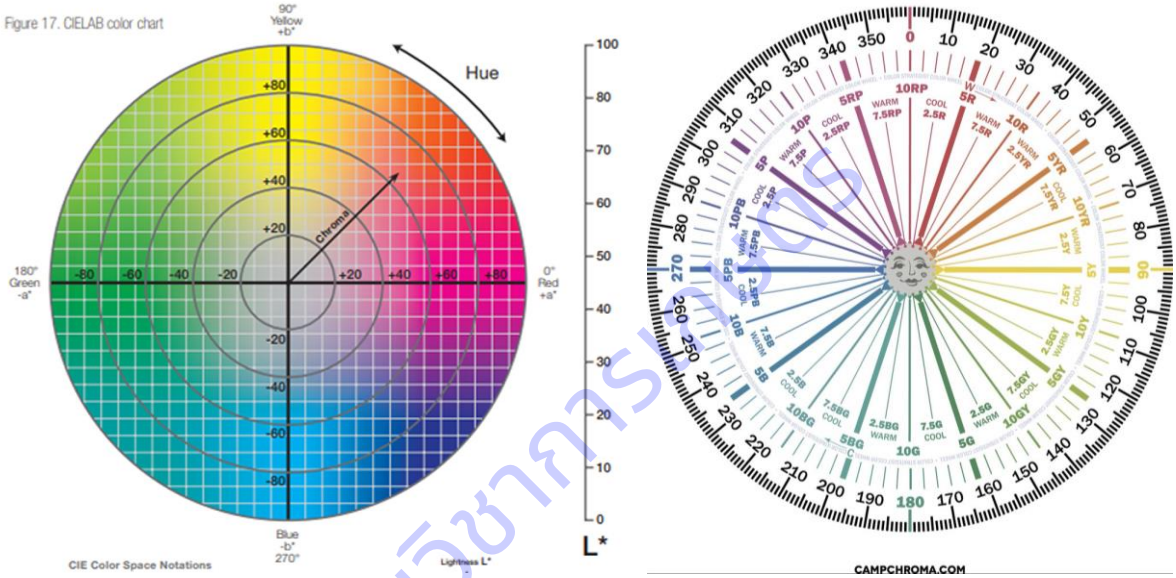
ตัวอย่างพืช	% Oil yield (V/W)	ค่าสีของน้ำมันหอมระเหย1/					
	ค่าเฉลี่ย 2/	L*	a*	b*	ΔE	C*	h°
ข่าอ่อน จันทบุรี 3/	0.13	54.17	-5.90	27.36	24.79	28.00	102.2
ข่าอ่อน ศรีสะเกษ	0.18	58.90	-4.97	18.67	20.17	19.30	104.9
ข่าอ่อน พิษณุโลก	0.24	57.83	-5.27	18.20	19.73	18.93	106.1
ข่าอ่อน พิจิตร	0.24	57.93	-3.60	12.80	14.10	13.57	105.7

ข่าแก่ พิษณุโลก	0.38	58.30	-4.23	14.10	15.50	14.70	106.7
ข่าแก่ พิจิตร	0.30	58.20	-2.87	10.60	11.80	10.97	105.1
ข่าแก่ ระนอง	0.26	57.50	-6.10	25.63	27.00	26.40	103.4

1/ วัดซ้ำ 3 ครั้ง

2/ แต่ละตัวอย่างใช้ข่าสด 200 กรัม 25 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ย base on fresh weight

3/ แต่ละตัวอย่างใช้ข่าสด 200 กรัม 4 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ย base on fresh weight



ภาพที่ 1 Color chart แสดงค่าสีตามระบบ CIE ประกอบด้วยค่าความสว่าง (L*) ค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b* เฉดสี (hue, h $^{\circ}$) ความอิ่มตัวของสี (chroma, C*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE*)

ที่มา : https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/

ตารางที่ 3 ผลของการเก็บรักษาข่าแห้งที่มีต่อน้ำมันหอมระเหยของข่าแก่ (ข่าเหลือง) จาก อ.กะเปอร์ จ.ระนอง และข่าอ่อนจันทบุรี

ตารางที่ 4 ลักษณะสีน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีต้มกลั่นของข่าแห้งที่เก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา	ค่าสีของน้ำมันหอมระเหย

	L*	a*	b*	ΔE	C*	h°
กลั่นข่าแก่ระนอง						
ข่าสด	57.50	-6.10	25.63	27.00	26.40	103.4
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 1 เดือน	57.33	-6.34	28.05	30.07	29.43	103.7
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 3 เดือน	39.70	-2.63	23.70	29.23	23.87	96.3
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 6 เดือน	55.20	-5.83	22.93	24.23	23.73	104.3
กลั่นข่าอ่อนจันทบุรี						
ข่าสด	54.17	-5.90	27.36	24.79	28.00	102.20
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 1 เดือน	54.23	-5.81	27.40	24.83	28.03	102.10
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 3 เดือน	54.17	-6.00	27.40	24.83	28.07	102.37
ข่าแห้งเก็บรักษานาน 6 เดือน	54.10	-5.83	27.27	24.70	27.90	102.13

ปริมาณน้ำมันหอมระเหยกลั่นจากวัตถุดิบ 200 กรัม โดยวิธีต้มกลั่น

ตัวอย่างที่	น้ำหนักข่าแห้ง (กรัม) / 200 กรัม	ปริมาตร (มล.) ข่าสด	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 1 เดือน	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 3 เดือน	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 6 เดือน	น้ำหนัก (กรัม) ข่าสด	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 1 เดือน	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 3 เดือน	ข่าแห้งเก็บรักษาที่ 10⁰ C นาน 6 เดือน
ข่าก่าระนอง (ข่าเหลือง)	58.16	0.52	-	0.38	0.44	0.37	0.265	-	0.200	0.172	0.173
ข่าอ่อน จันทบุรี (ข่าหยวก)	28.15	0.25	0.34	0.34	0.33	0.35	0.15	0.22	0.23	0.22	0.23

กรมวิชาการเกษตร