บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษาด้านสัณฐานวิทยา

5.1.1 ความแตกต่างโดยทั่วไปของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์

ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba*) เป็นพืชในวงศ์ Lauraceae แบ่งออกเป็น 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Litsea cubeba* var. *cubeba* และ *Litsea cubeba* var. *formosana* (พฤษภา, 2546) ซึ่งทั้งสองสายพันธุ์มีความแตกต่างโดยทั่วไปที่เห็นได้ชัดเจน ดังต่อไปนี้

1) ความสูงและขนาดของลำต้น : จากการสังเกตด้วยสายตา จะพบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba (*Litsea cubeba* var. *cubeba*) มีความสูงของลำต้นมากกว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana (*Litsea cubeba* var. *formosana*) อย่างชัดเจน โดยหากพิจารณาจากเฉพาะตัวอย่างตะไคร้ต้นในการทดลองนี้ จะพบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana มีความสูงเพียงประมาณ 2-2.5 เมตร เท่านั้น ขณะที่ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba ทุกตัวอย่างล้วนมีความสูงไม่ต่ำกว่า 10 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba ยังมีขนาดเส้นรอบวงของลำต้นมากกว่าสายพันธุ์ formosana อีกด้วย

2) รูปร่างและลักษณะทั่วไปของใบ : ใบของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีรูปร่างแบบ elliptic กล่าวคือ มีลักษณะเรียวยาวและแคบ ขณะที่ใบของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana มีรูปร่างแบบ ovate กล่าวคือ มีลักษณะคล้ายวงรี ใบสั้นและกว้าง มีอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของใบน้อยกว่าสายพันธุ์ cubeba นอกจากนั้นยังพบว่า ใบของสายพันธุ์ cubeba มีผิวเรียบทั้งสองด้าน ขณะที่ใบของสายพันธุ์ formosana มีขนสั้นๆ ปกคลุมเล็กน้อยบริเวณบนใบ (upper leaf) และมีขนลักษณะเดียวกันปกคลุมจำนวนมากอยู่ในบริเวณใต้ใบ (lower leaf)

นอกจากความแตกต่างดังที่ได้ระบุไปแล้ว หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่เก็บตัวอย่างที่กำหนดในการทดลองนี้ พบว่าตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์มีแหล่งที่อยู่ที่แตกต่างกันออกไป โดยพบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana เฉพาะในพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยผากลองเท่านั้น แต่ไม่พบในพื้นที่ดอยอินนนท์ ขณะเดียวกัน ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba กลับพบเฉพาะในพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยอินทนนท์เท่านั้น ไม่พบในพื้นที่ดอยผากลอง ซึ่งกรณีนี้อาจเกี่ยวกับปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่และปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมอื่นๆ โดยจะเห็นได้ว่า ในการสำรวจครั้งนี้ พื้นที่ดอยอินทนนท์เป็นพื้นที่ที่มีความสูงมากที่สุด (ประมาณ 1700-1800 เมตรจากระดับน้ำทะเล) และพื้นที่ดอยผากลองเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำที่สุด (800-900 เมตรจากระดับน้ำทะเล) ส่วนพื้นที่ดอยอ่างขาง มีระดับความสูงอยู่ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พื้นที่อยู่ระดับกลาง (1100-1300 เมตรจากระดับน้ำทะเล) ซึ่งอาจสรุปได้ว่า ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba เจริญเติบอยู่อยู่ในเฉพาะพื้นที่ที่มีความสูงมากกว่า 1100 เมตรจากระดับน้ำทะเลเท่านั้น แต่ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จะเจริญอยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1000 เมตรเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปดังกล่าวเป็นเพียงการสรุปจากการสำรวจภายในพื้นที่จำกัด ซึ่งในพื้นที่อื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุ อาจพบกรณีที่แตกต่างออกไป

นอกจากนี้ ตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ดังกล่าวยังมีความแตกต่างในทางสัณฐานวิทยาที่ไม่สามารถสรุปได้โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ดังที่จะแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

5.1.2 ความแตกต่างด้านขนาดของใบ กิ่ง ผล และผลแก่ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์

5.1.2.1 ขนาดของใบ

จากผลการวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของใบตะไคร้ต้นแต่ละตัวอย่าง (ตารางที่ 7) พบว่าใบตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากแต่ละพื้นที่มีความกว้างของใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความยาวของใบแล้วจะพบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากทั้งพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยอินทนนท์มีความยาวของใบไม่แตกต่างกันและมีความยาวของใบมากกว่าสายพันธุ์ formosana จากทั้งพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยผากลอง ซึ่งพบว่าเฉพาะตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากทั้งสองพื้นที่ดังกล่าว ก็มีความยาวของใบไม่แตกต่างกันเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลด้านความแตกต่างระหว่างรูปร่างของใบตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์ดังที่เคยมีการรายงานมาแล้ว (พฤษภา, 2546) สำหรับในส่วนของการวัดความหนาของใบ พบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์เดียวกันจากทั้งสองพื้นที่มีความหนาของใบไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าสายพันธุ์ formosana มีใบที่หนากว่าสายพันธุ์ cubeba อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.2.2 ขนาดของกิ่ง

ในการทดลองนี้ เลือกเก็บตัวอย่างกิ่งที่ติดผลเพื่อหลีกเลี่ยงการโค่นทำลายลำต้นของตะไคร้ต้นที่เลือกเก็บตัวอย่าง โดยจากการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งและความหนาของเปลือกกิ่ง (ตารางที่ 9) พบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งที่ติดผลในแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความหนาของเปลือกกิ่งแล้วจะพบว่า เปลือกกิ่งของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากดอยอ่างขางและตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ มีความหนามากกว่าเปลือกกิ่งของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.2.3 ขนาดของผล

จากการวัดความยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล และเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดตะไคร้ต้นแต่ละตัวอย่างจากแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 11) พบว่า ผลตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากดอยอ่างขางและผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง มีความยาวมากกว่าผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมล็ดของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน และสำหรับการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทั้งผล พบว่า ตัวอย่างผลตะไคร้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด คือ ผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง รองลงมา ได้แก่ ผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง สายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง และสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ผลตะไคร้ต้นที่มีขนาดใหญ่และมีความหนาของเนื้อผลมากที่สุด คือ ผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง ในขณะที่ผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ เป็นผลที่มีขนาดเล็กที่สุด

5.1.2.4 ขนาดของผลแก่

จากการวัดความยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลแก่ และเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดในผลแก่ของตะไคร้ต้นแต่ละตัวอย่างจากแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 13) พบว่า ความยาวของผลแก่และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดในผลแก่ของตะไคร้ต้นแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทั้งผลจะพบว่า ผลแก่ของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือผลแก่ของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง และสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างผลแก่ของตะไคร้ต้นจากดอยผากลอง ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ ดังที่ระบุเอาไว้แล้วในส่วนของผลการทดลอง

5.1.3 ความแตกต่างด้านสีของใบ กิ่ง ผล และผลแก่ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์

5.1.3.1 สีของใบ

จากการวัดสีของใบตะไคร้ต้นตามระบบสี L*a*b* (ตารางที่ 8) จะพบว่า สีของใบตะไคร้ต้นในส่วนด้านบนใบของแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากค่าคู่อันดับ L*a*b* แสดงให้เห็นว่า ส่วนบนใบของแต่ละตัวอย่างอยู่ในโทนสีเขียว แต่สีของส่วนใต้ใบมีความแตกต่างระหว่างแต่ละตัวอย่าง โดยส่วนใต้ใบของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขางจะมีสีที่สว่างกว่าตัวอย่างอื่น รองลงมาคือ ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขางและตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลองซึ่งมีความสว่างของสีในส่วนใต้ใบอยู่ในระดับเดียวกัน ขณะที่ส่วนใต้ใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์มีสีเข้มที่สุด โดยใต้ใบของแต่ละตัวอย่างมีโทนสีเขียวเหมือนกัน และพบว่าความเข้มของสีเขียวของส่วนใต้ใบในสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขางและสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์จะสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.3.2 สีของกิ่ง

จากผลการวัดสีของกิ่งตะไคร้ต้นตามระบบสี L*a*b* (ตารางที่ 10) พบว่า กิ่งของตะไคร้ต้นแต่ละตัวอย่างมีสีที่แตกต่างกันออกไป โดยกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากทั้งสองพื้นที่มีสีสว่างกว่ากิ่งของสายพันธุ์ cubeba อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกิ่งของทุกตัวอย่างจะอยู่ในโทนสีเขียวเหมือนกัน แต่กิ่งของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์จะมีสีออกโทนเหลืองมากกว่าตัวอย่างอื่น

5.1.3.3 สีของผล

จากผลการวัดสีของผลตะไคร้ต้นตามระบบสี L*a*b* (ตารางที่ 12) จะพบว่า ผลของตะไคร้ต้นทุกตัวอย่างอยู่ในช่วงโทนสีเขียว แต่มีความเข้มของสีเหลืองที่ปนอยู่ต่างกัน กล่าวคือ ตัวอย่างผลของสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขางมีสีเขียวเข้มที่สุด รองลงมาคือผลของสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลองและดอยอ่างขางตามลำดับ ส่วนผลของสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ มีโทนสีที่ออกไปทางสีเหลืองมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น แต่พบว่าตัวอย่างผลจากดอยอินทนนท์ดังกล่าวมีความสว่างของสีน้อยกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.3.4 สีของผลแก่

จากผลการวัดสีผลแก่ของตะไคร้ต้นตามระบบสี L*a*b* (ตารางที่ 14) จะพบว่า สีของตัวอย่างผลแก่ของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากแต่ละพื้นที่ที่สามารถเก็บตัวอย่างได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยผลแก่ของทุกตัวอย่างจะมีโทนแดงเข้มจนถึงดำโดยมีสีเขียวปนเล็กน้อย

5.2 สรุปผลการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้ต้น

5.2.1 สารละลายมาตรฐาน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน (standard antioxidant) ได้แก่ α-tocopherol และ ascorbic acid โดยวิธี DPPH และวิธี BCB พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระก็จะเพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการเตรียม reagent ในการทดลองนี้เป็นที่เชื่อถือได้ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อไป

5.2.2 สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้น

ในการทดลองนี้ วิธีการที่เลือกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระคือ วิธี DPPH และ BCB ซึ่งทั้งสองวิธีดังกล่าว ใช้สำหรับตรวจสอบกลไกการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงขอสรุปข้อมูลแยกเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

5.2.2.1 DPPH assay

จากการทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเมธานอล ของตัวอย่างตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากแต่ละพื้นที่มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH (%RSA) ค่อนข้างไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 21) และเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของ %RSA ของสารสกัดจากตะไคร้ต้นสายพันธุ์เดียวกันโดยรวมในแต่ละพื้นที่ (ภาพที่ 76) พบว่าสารสกัดจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้น เมื่อเปรียบเทียบจากตัวอย่างชุดเดียวกัน จะมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังต่อไปนี้

ดอยอ่างขาง *Litsea cubeba* var. *cubeba* : ผล > กิ่ง > ผลแก่ > ใบ
ดอยอ่างขาง *Litsea cubeba* var. *formosana* : ผล > ผลแก่ > ใบ > กิ่ง
ดอยผากลอง *Litsea cubeba* var. *formosana* : ผล > ใบ > กิ่ง
ดอยอินทนนท์ *Litsea cubeba* var. *cubeba* : กิ่ง = ผล > ใบ > ผลแก่

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า ตะไคร้ต้นสายพันธุ์เดียวกันจะมีแนวโน้มของประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ที่คล้ายกัน ซึ่งจะเห็นแนวโน้มดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ %RSA ของสารสกัดจากตัวอย่างตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ที่มาจากพื้นที่เดียวกัน (ภาพที่ 77) กล่าวคือ มีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตที่เหมือนกัน ซึ่งในที่นี้คือดอยอ่างขาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พบตะไคร้ต้นครบทั้งสองสายพันธุ์

และจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์ดังกล่าว เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดจากส่วนใบ ผล และผลแก่ของ *Litsea cubeba* var. *formosana* มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH สูงกว่าแต่ละส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังกล่าวของ *Litsea cubeba* var. *cubeba* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยเฉพาะสารสกัดจากส่วนผล ซึ่งพบว่ามีค่า %RSA สูงกว่าสารละลายมาตรฐานทั้งสองชนิด (α-tocopherol และ ascorbic acid) อย่างไรก็ตาม พบว่าสารสกัดจากส่วนกิ่งของ *Litsea cubeba* var. *cubeba* มีค่า %RSA สูงกว่าอีกสายพันธุ์หนึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังต่ำกว่าค่าดังกล่าวของสารละลายมาตรฐาน α-tocopherol

อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์เป็นปัจจัยเพียงประการเดียวที่มีผลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้ต้นเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่งจากภาพที่ 76 จะเห็นว่า สารสกัดจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นที่เก็บตัวอย่างจากต่างพื้นที่ มีค่า %RSA ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งเมื่อแยกพิจารณาเฉพาะส่วนเปรียบเทียบกันระหว่างพื้นที่แต่ละแห่ง จะสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาข้อมูลเฉพาะส่วนใบ (ตารางที่ 24) พบว่าสารสกัดจากใบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากทั้งพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยผากลอง มีค่า %RSA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าในสายพันธุ์ cubeba ตัวอย่างจากดอยอ่างขางกลับมีค่า %RSA สูงกว่าตัวอย่างจากดอยอินทนนท์ นอกจากนั้นยังพบว่า ค่า %RSA ของตัวอย่างใบทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าค่าดังกล่าวของสารละลายมาตรฐาน α-tocopherol แต่พบว่าสารสกัดจากตัวอย่างใบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยผากลอง มีค่า %RSA สูงกว่าสารละลาย ascorbic acid และสารสกัดจากตัวอย่างใบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีค่า %RSA อยู่ในระดับเดียวกับสารละลายดังกล่าว

สำหรับส่วนกิ่ง (ตารางที่ 25) พบว่า %RSA ของสารสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขางมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ สายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง และสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า %RSA ของสารสกัดจากตัวอย่างกิ่งทั้งหมดยังต่ำกว่า %RSA ของสารละลาย α-tocopherol และเมื่อเทียบกับสารละลาย ascorbic acid พบว่ามีเพียงสารสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba เท่านั้นที่มีค่า %RSA สูงกว่าสารละลาย ascorbic acid ส่วนสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ มีค่า %RSA ในระดับเดียวกับสารละลายดังกล่าว และสารสกัดจากตัวอย่างที่เหลือ ล้วนมีค่า %RSA ต่ำกว่าสารละลาย ascorbic acid ทั้งสิ้น

จากข้อมูลที่ผ่านมา สารสกัดจากส่วนผล เป็นสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH สูงที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากส่วนผลที่เก็บตัวอย่างจากต่างพื้นที่ก็ยังมีประสิทธิภาพดังกล่าวแตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 26 พบว่าสารสกัดจากผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขางมีค่า %RSA สูงที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง สายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง และสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่า สารสกัดจากผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH สูงกว่าสารละลายมาตรฐานทั้งสองชนิด และสารสกัดจากผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง มีประสิทธิภาพดังกล่าวในระดับเดียวกับสารละลาย α-tocopherol ส่วนในสารสกัดจากตัวอย่างที่เหลือ พบว่ามีค่า %RSA ต่ำกว่าสารละลาย α-tocopherol แต่สูงกว่าสารละลาย ascorbic acid อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

ส่วนผลแก่ (ตารางที่ 27) พบว่าสารสกัดจากผลแก่ของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขางมีค่า %RSA สูงสุด ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับสารละลาย α-tocopherol รองลงมาคือสารสกัดจากผลแก่ของสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง ซึ่งมีค่า %RSA อยู่ในระดับเดียวกับสารละลาย ascorbic acid และลำดับสุดท้ายคือสารสกัดจากผลแก่ของสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ ซึ่งมีค่า %RSA ต่ำกว่าสารละลายมาตรฐานทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตาม สำหรับการเปรียบเทียบปัจจัยด้านพื้นที่ต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ของผลแก่ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากไม่สามารถเก็บตัวอย่างของผลแก่ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ดังกล่าวจากดอยผากลองเพื่อนำมาทดสอบและเปรียบเทียบได้

5.2.2.2 β-carotene bleaching assay

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมธานอลจากส่วนต่างๆ ของตัวอย่างตะไคร้ต้น โดยวิธี BCB (%AA) พบว่าสารสกัดจากตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากแต่ละพื้นที่ มีแนวโน้มของค่า %AA ค่อนข้างไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 21) เช่นเดียวกับเมื่อทดสอบโดยวิธี DPPH และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ %AA แยกตามสายพันธุ์และพื้นที่ (ภาพที่ 76) จะพบว่าสารสกัดจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้น เมื่อเปรียบเทียบจากตัวอย่างชุดเดียวกัน มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี BCB ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังต่อไปนี้

ดอยอ่างขาง *Litsea cubeba* var. *cubeba* : ผล > กิ่ง > ผลแก่ > ใบ
ดอยอ่างขาง *Litsea cubeba* var. *formosana* : ผล > ผลแก่ > กิ่ง > ใบ
ดอยผากลอง *Litsea cubeba* var. *formosana* : ผล > ใบ > กิ่ง
ดอยอินทนนท์ *Litsea cubeba* var. *cubeba* : ผล > ใบ > ผลแก่ > กิ่ง

ซึ่งจากภาพที่ 76 จะเห็นว่า สารสกัดเมธานอลจากทุกตัวอย่าง ล้วนมีค่า %AA ที่ต่ำกว่าสารละลาย α-tocopherol มาก ดังนั้นต่อไปนี้การเปรียบเทียบค่า %AA ของสารสกัดจะอ้างอิงเพียงเฉพาะส่วนของสารละลาย ascorbic acid เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นเดียวกับในการทดสอบโดยวิธี DPPH สารสกัดจากตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์จะมีแนวโน้มของค่า %AA ไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะตัวอย่างจากดอยอ่างขาง (ภาพที่ 77) จะพบว่าสารสกัดจากทุกส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีค่า %AA สูงกว่าค่าดังกล่าวของสารสกัดจากทุกส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana และสารละลาย ascorbic acid อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นเมื่อทดสอบโดยวิธี BCB แยกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง จะสามารถสรุปข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะส่วนใบ (ตารางที่ 24) พบว่า สารสกัดจากใบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง มีค่า %AA สูงที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ cubaba จากดอยอินทนนท์ สายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง และสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลองตามลำดับ โดยพบว่าเฉพาะสารสกัดจากใบตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขางและดอยอินทนนท์ มีค่า %AA สูงกว่าสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid)

สำหรับส่วนกิ่ง (ตารางที่ 25) พบว่าสารสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขาง มีค่า %AA สูงที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง ซึ่งพบว่าทั้งสองตัวอย่างดังกล่าวมีค่า %AA สูงกว่าสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid) ส่วนสารสกัดจากกิ่งตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์และสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง มีค่า %AA อยู่ในระดับเดียวกัน ซึ่งต่ำกว่าค่า %AA ของสารละลาย ascorbic acid

สารสกัดจากส่วนผล เป็นเพียงส่วนเดียวที่โดยมากแล้วมีค่า %AA สูงกว่าสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid (ตารางที่ 26) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากผลตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba จากดอยอ่างขางมีค่า %AA สูงที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ cubeba จากดอยอินทนนท์ สายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขาง ซึ่งทั้งสามตัวอย่างที่กล่าวมาล้วนมีค่า %AA สูงกว่าสารละลาย ascorbic acid และสารสกัดจากผลตะไคร้ต้นที่มีค่า %AA น้อยที่สุด คือสารสกัดจากผลของสายพันธุ์ formosana จากดอยผากลอง ซึ่งมีค่า %AA อยู่ในระดับเดียวกับสารละลายมาตรฐานดังกล่าว

ในส่วนของผลแก่ (ตารางที่ 27) พบว่าค่า %AA ของทั้งสารสกัดจากผลแก่จากทุกพื้นที่ที่สามารถเก็บตัวอย่างได้ และของสารละลาย ascorbic acid ล้วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองในส่วนของผลแก่นี้ยังขาดข้อมูลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana จากดอยอ่างขางซึ่งไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 สรุปผลการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้น

5.3.1 ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นเปรียบเทียบโดยสายพันธุ์

จากการเปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันหอมระเหยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba และ formosana ที่เก็บตัวอย่างจากดอยอ่างขาง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยน้ำ พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยพบว่าที่น้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 100 กรัม ส่วนผลจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด (4.66% และ 3.75% สำหรับสายพันธุ์ cubeba และ formosana ตามลำดับ) รองลงมาคือส่วนใบ (0.84% และ 0.47% สำหรับสายพันธุ์ cubeba และ formosana ตามลำดับ) และส่วนกิ่ง (0.28% สำหรับสายพันธุ์ cubeba ส่วนสายพันธุ์ formosana มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยมากจนไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในวัตถุดิบทุกส่วน ตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าสายพันธุ์ formosana อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3.2 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นเปรียบเทียบโดยสายพันธุ์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba และ formosana ที่เก็บตัวอย่างจากดอยอ่างขางโดยวิธี GC-MS พบว่าส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์ มีน้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบของสารเคมีต่างๆ แตกต่างกันดังต่อไปนี้

5.3.2.1 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้ต้น

องค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบของ *Litsea cubeba* var. *cubeba* ได้แก่ sabinene (40.02%) รองลงมาคือ α–pinene (10.63%), 1,8-cineole (10.52%), β–pinene (8.96%), terpinene-4-ol (6.23%), β–phellandrene (6.16%), α–terpineol (3.68%), γ–terpinene (3.06%), β–myrcene (2.01%), α-thujene (1.81%) และ α–terpinene (1.81%) ตามลำดับ

สำหรับส่วนใบของ *Litsea cubeba* var. *formosana* องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากตัวอย่างดังกล่าว ได้แก่ sabinene (24.82%) เช่นเดียวกับน้ำมันหอมระเหยจากใบของสายพันธุ์ cubeba รองลงมาคือ terpinene-4-ol (15.24%), 1,8-cineole (8.94%), α–pinene(7.35%), β-pinene (6.66%), β-phellandrene (6.62%), γ-terpinene (6.24%), α-terpinene (3.74%), α-terpineol (3.71%), linalool (2.15%), trans-caryophyllene (1.96%), β-myrcene (1.86%), 1,3,7-octatriene, 3,7-dimethyl

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1.79%), α-terpinolene (1.62%), 1-methyl -4-(1-methylethyl)-benzene (1.40%) และ α-thujene (1.24%) ตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ส่วนมากแล้วจะเหมือนกัน แตกต่างกันเพียงสัดส่วนปริมาณขององค์ประกอบหลักดังกล่าว และองค์ประกอบบางอย่างเท่านั้น แต่เป็นที่สังเกตว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบของ *Litsea cubeba* var. *formosana* มี citral เป็นองค์ประกอบด้วย (Z-citral 0.79% และ E-citral 0.92%) ขณะที่ไม่พบ citral ในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบของ *Litsea cubeba* var. *cubeba*

5.3.2.2 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากกิ่งตะไคร้ต้น

สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่ง พบว่ามี citral เป็นองค์ประกอบหลัก (E-citral 26.86%) รองลงมา ได้แก่ d-limonene (22.32%), Z-citral (19.91%), geraniol (3.69%), citronellal (3.18%), terpinene-4-ol (2.49), linalool (2.48%), β-pinene (2.47%), β-citronellol (1.98%), 6-methyl-5-hepten-2-one (1.93%), α-pinene (1.90%), sabinene (1.53%), β-myrcene (1.31%), 1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene (1.15%) และ neric acid (1.15%) ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองในส่วนกิ่งนี้ ไม่สามารถเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ได้ เนื่องจาก *Litsea cubeba* var. *formosana* มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยมากจนไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้

5.3.2.3 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากผลตะไคร้ต้น

น้ำมันหอมระเหยจากส่วนผลของ *Litsea cubeba* var. *cubeba* มีองค์ประกอบหลักคือ geranial (50.45%) รองลงมา ได้แก่ cis-citral (38.86%), limonene (2.84%), citronellal (2.47%), 4,7-methano-1H-inden-1-ol (1.39%) และ α-terpinolene (1.01%) ตามลำดับ (พฤษภา, 2546)

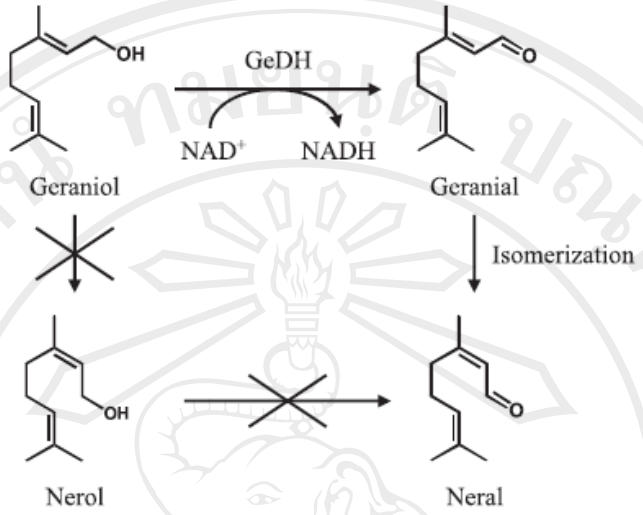
สำหรับสายพันธุ์ formosana พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนผลคือ geranial (53.84%) รองลงมา ได้แก่ cis-citral (40.51%), limonene (1.54%), methyl-ethyl cyclopentene (1.47%), geraniol (1.40%) และ α-terpinolene (1.24%) ตามลำดับ (พฤษภา, 2546)

จากข้อมูลทางเคมีของ citral จะเห็นว่า geranial, Z-citral และ E-citral คือ ไอโซเมอร์ต่างๆ ของ citral โดย Z-citral คือ cis-citral หรือ neral หรือ citral B ส่วน E-citral คือ trans-citral หรือ geranial หรือ citral A (Vossen *et al*., 2004 ; Scheffer *et al*., 1977 ; Noge *et al*., 2005)

นอกจากนั้นยังมีการรายงานเกี่ยวกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่สกัดจากตัวไร (*Carpoglyphus lactis*) (Noge *et al*., 2005) ซึ่งพบว่า geranial และ neral (E-citral และ Z-citral ตามลำดับ) เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ geraniol โดยเอนไซม์ geraniol dehydrogenase (GeDH) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัย NAD+ เป็น coenzyme ขณะที่ไม่มีปฏิกิริยาในรูปแบบเดียวกันเกิดขึ้นในกรณีดังกล่าว เมื่อมี nerol เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารตั้งต้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า neral ที่พบในการทดลองดังกล่าวเกิดจากกระบวนการ isomerization ของ geranial นั่นเอง (ภาพที่ 83)



ภาพที่ 83 ปฏิกิริยาการเกิด isomer ต่างๆ ของ citral จาก geraniol เมื่อทดสอบโดยเอนไซม์จากตัวไร (Noge *et al*., 2005)

GeDH เป็นเอนไซม์ที่พบพืชหลายชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon flexuosus*) ขิง (*Zingiber officinale*) นอกจากนั้นยังพบในน้ำส้มอีกด้วย (Noge *et al*., 2005)

และจากผลการทดลองนี้จะพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบและส่วนผลของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ มีความคาบเกี่ยวกันไม่มากนัก เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทั้งหมด แต่พบว่าน้ำมันหอมระเหยของส่วนกิ่งมีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกับน้ำมันหอมระเหยจากทั้งส่วนใบและส่วนผลร่วมกัน แตกต่างกันเพียงปริมาณเท่านั้น จึงอาจอนุมานได้ว่า ตะไคร้ต้นไม่ได้เก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในส่วนกิ่ง โดยส่วนดังกล่าวเป็นเพียงทางผ่านของสารสำคัญต่างๆ ที่จะไปเก็บสะสมไว้ในใบและผล หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่อไป อันจะเห็นได้จากการพบ neric acid และ geraniol ในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4 สรุปข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมในการเจริญของตัวอย่างตะไคร้ต้น

5.4.1 สภาพทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่เก็บตัวอย่าง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าในช่วงปี พ.ศ. 2549 อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ดอยอ่างขางคือ 16.5 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยคือ 21.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ย 12.8 องศาเซลเซียส ในขณะที่พื้นที่ดอยผากลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า คือ 20.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 23.1 องศาเซลเซียส และต่ำสุดคือ 18.8 องศาเซลเซียส ส่วนดอยอินทนนท์มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 20.4 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.4 องศาเซลเซียสและต่ำสุดเท่ากับ 16.6 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาข้อมูลด้านความชื้นสัมพัทธ์ จะพบว่า พื้นที่ดอยอ่างขาง มีความชื้นในบรรยากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงที่สุดคือ 90.0% โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดคือ 95.7% และต่ำสุดคือ 84.8% ส่วนพื้นที่ดอยผากลอง มีความชื้นในบรรยากาศโดยเฉลี่ย 86.0% โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 90.4% และความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 81.6% และสำหรับพื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำที่สุด คือพื้นที่ดอยอินทนนท์ โดยมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 75.9% ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดโดยเฉลี่ย 75.2% และความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 73.9%

สำหรับข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝน พบว่าพื้นที่ดอยอ่างขางมีปริมาณน้ำฝนตลอดปีสูงที่สุดคือ 2476.0 มิลลิเมตร รองลงมาคือพื้นที่ดอยอินทนนท์ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนตลอดปีเท่ากับ 1972.8 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ดอยผากลอง มีปริมาณน้ำฝนตลอดปีต่ำที่สุดคือ 1589.8 มิลลิเมตร

5.4.2 คุณภาพดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของดินจากพื้นที่ดอยอ่างขาง ดอยผากลองและดอยอินทนนท์ พบว่า ดินที่มีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด คือ ดินจากดอยอินทนนท์ (7.22) ขณะที่ดินจากอีกสองพื้นที่มีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน (3.78 และ 3.76 สำหรับดอยอ่างขางและดอยผากลอง ตามลำดับ) ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจากดอยอินทนนท์ (5.34%) กลับน้อยกว่าดอยอ่างขางและดอยผากลอง (10.68 และ 9.27% ตามลำดับ)

สำหรับปริมาณธาตุอาหารหลัก พบว่า ดินจากดอยอินทนนท์มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม) มากกว่าดินจากพื้นที่อื่น และพบว่าดินที่มีธาตุอาหารหลักดังกล่าวน้อยที่สุด คือ ดินจากดอยอ่างขาง นอกจากนั้นยังพบว่า ดินจากดอยผากลองมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณธาตุอาหารรองคือ เหล็กและแมงกานีส มากกว่าดินจากอีกสองพื้นที่ แต่พบว่าดินจากดอยอ่างขางมีปริมาณทองแดงสูงที่สุด และดินจากดอยอินทนนท์มีปริมาณสังกะสีมากที่สุด

5.5 การวิเคราะห์เพื่อสรุปข้อมูลทั้งหมด

5.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระกับน้ำมันหอมระเหย

มีการรายงานมากมายที่ระบุถึงบทบาทของน้ำมันหอมระเหยในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลายชนิดที่ตรงกับองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืชอื่นๆ ที่เคยมีการวิจัยมาก่อนว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยจึงอาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้สารสกัดจากตะไคร้ต้นสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ นอกจากนั้น จากผลการทดลองยังพบว่าตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์ formosana และ cubeba มีปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น

กรณีนี้จะพิจารณาเฉพาะตัวอย่างตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขาง เนื่องจาก วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองสกัดและวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยในการทดลองนี้ รวมทั้งในผลการวิจัยที่นำมาอ้างอิง (พฤษภา, 2546) เป็นวัตถุดิบที่มาจากดอยอ่างขางเพียงสถานที่เดียว

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้ต้นเมื่อทดสอบด้วยทั้งวิธี DPPH และ β-carotene bleaching assay ร่วมกับผลการทดลองในส่วนของปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแล้วจะพบว่า ผลการทดลองจากทั้งสองส่วนนี้มีความเกี่ยวข้องกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเปรียบเทียบระหว่างส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์ พบว่าทุกส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าทุกส่วนของสายพันธุ์ formosana และสารสกัดจากแต่ละส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba ก็ยังมีค่า %AA ที่สูงกว่าสายพันธุ์ formosana อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในขณะเดียวกัน ค่า %RSA ของทุกส่วนยกเว้นส่วนกิ่งของสายพันธุ์ cubeba กลับต่ำกว่าค่า %RSA ของส่วนต่างๆ ดังกล่าวในสายพันธุ์ formosana

ในกรณีนี้ต้องพิจารณาไปถึงองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากรายงานการวิจัยต่างๆ ในส่วนของเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บทที่ 2) ทำให้สามารถสรุปรายละเอียดอย่างคร่าวๆ เกี่ยวกับสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจาก parsley (Zhang, *et al*., 2006) พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวคือ myristicin, apiol, α-pinene, β-pinene, β-phellandrene และ myrcene ซึ่งจะเห็นว่ามีองค์ประกอบที่ตรงกับตะไคร้ต้นคือ α-pinene, β-pinene และ β-phellandrene แต่งานวิจัยดังกล่าวระบุว่าสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระคือ apiol และ myristicin โดยไม่พบว่ามีองค์ประกอบอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ ที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ดังนั้น ในกรณีของตะไคร้ต้น สามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่า α-pinene, β-pinene และ β-phellandrene อาจไม่ใช่องค์ประกอบที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ

ต่อไปคืองานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากดอกดาวเรือง (Martha, *et al*., 2006) ซึ่งพบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ BCB แล้ว ผลการทดสอบเป็นบวก ซึ่งองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว ได้แก่ β-caryophyllene, limonene, methyleugenol, (E)-ocimene, piperetone, piperitenone และ α-terpinolene ซึ่งมีสารที่ตรงกับกรณีของตะไคร้ต้น คือ limonene และ α-terpinolene อย่างไรก็ตาม รายงานดังกล่าวไม่ได้ระบุรายละเอียดว่าองค์ประกอบใดที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงยังไม่สามารถตัดสารใดสารหนึ่งออกไปได้

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยเกี่ยวกับพืชพื้นเมืองในแถบอเมริกาใต้และอาฟริกาใต้ ที่มีชื่อว่า Erva Cidreira (*Lippia alba*) (Stashenko, *et al*., 2004) ซึ่งพบว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชดังกล่าวสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดลิโนเลอิคได้ ซึ่งหมายความว่าน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ และนอกจากนั้นยังพบว่าองค์ประกอบที่มีผลในกรณีดังกล่าวคือ S-carvone, limonene และ carvone ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า limonene เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

นอกจากนั้น ยังมีรายงานเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยจากผักเบี้ยทะเล (Magwa, *et al*., 2006) ซึ่งเป็นสมุนไพรในทวีปอาฟริกา ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี BCB โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ O-cymene, 2-β-pinene, 1,8-cineole, limonene, α-terpinene, α-terpinolene, camphene และ α-pinene ซึ่งองค์ประกอบที่ตรงกับตะไคร้ต้น ได้แก่ 1,8-cineole, limonene, α-terpinene, α-terpinolene และ α-pinene แต่ไม่มีการระบุว่าองค์ประกอบใดที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ แต่ในขั้นนี้สามารถอนุมานได้ว่า นอกจาก limonene ที่มีหลักฐานแน่นอนว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีความเป็นไปได้อยู่บ้างที่ α-terpinolene, α-terpinene และ 1,8-cineole จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน

สารสำคัญอีกสารหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ต้น โดยเฉพาะส่วนใบ คือ sabinene มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการต้านอนุมูลอิสระที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ sabinene คือการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดอะซิโตนและน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยดำ (Singh,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

et al., 2004) ซึ่งพบว่า ทั้งสารสกัดอะซิโตนและน้ำมันหอมระเหยของพืชดังกล่าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน butylated hydroxyanisole และ butylated hydroxytoluene และองค์ประกอบหลักทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว ได้แก่ β-caryophyllene, limonene, sabinene, β-bisabolene และ α-copaene แต่ไม่มีการรายงานระบุถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละองค์ประกอบอย่างแน่ชัด ซึ่งพบว่า องค์ประกอบที่ตรงกับตะไคร้ต้น คือ sabinene และ limonene จากกรณีนี้จึงกล่าวได้ว่า sabinene อาจมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ แต่การปรากฏของ limonene ทำให้ไม่สามารถสรุปข้อมูลดังกล่าวได้อย่างแน่ชัด

สุดท้ายคือกรณีของ citral ซึ่งเป็นสารที่มีรายงานชัดเจนว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ในการศึกษาจากน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอม (Rabbani, *et al*., 2005) ซึ่งนอกจาก citral แล้ว ในการวิจัยดังกล่าวยังพบว่าองค์ประกอบหลักอื่นๆ ของน้ำมันตะไคร้หอม ได้แก่ geraniol, myrcene, citronellal, limonene, linalool และ dipentene ไม่มีคุณสมบัติในการก่อการกลายพันธุ์ กล่าวคือ ไม่ใช่อนุมูลอิสระ ซึ่งสารที่ตรงกับกรณีของตะไคร้ต้น ได้แก่ geraniol, citronellal, limonene และ linalool นอกจาก limonene ที่ค่อนข้างจะมีความแน่ชัดแล้วในเรื่องฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยังสามารถสรุปได้คร่าวๆ อีกว่าองค์ประกอบที่เหลือ ได้แก่ geraniol, citronellal และ linalool ก็อาจมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวไม่มีการระบุว่าสารองค์ประกอบอื่นๆ นอกจาก citral และ limonene ไม่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

จากเอกสารงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมา ทำให้สามารถแยกผลสรุปองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ใน 2 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) องค์ประกอบที่มีรายงานแน่ชัดว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ citral และ limonene

2) องค์ประกอบที่อาจมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ α-terpinolene, α-terpinene, 1,8-cineole, sabinene, geraniol, citronellal และ linalool

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว จะแยกสรุปและวิเคราะห์ในกรณีของค่า %RSA ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธี DPPH และค่า %AA ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธี BCB ดังต่อไปนี้

5.5.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านอนุมูลอิสระกับน้ำมันหอมระเหย กรณีวิธี DPPH

หากพิจารณาเฉพาะกรณีของ citral จะเห็นความเกี่ยวข้องอย่างชัดเจนในส่วนสารสกัดจากผลตะไคร้ต้น โดยน้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ formosana มี E-citral เป็นองค์ประกอบอยู่ 53.84% และมี Z-citral เท่ากับ 40.51% ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ cubeba มี E-citral อยู่ 50.45% และ Z-citral เท่ากับ 38.86% ซึ่งจะเห็นว่า สัดส่วนองค์ประกอบของ citral ทั้งสองไอโซเมอร์ในน้ำมันหอมระเหยของผลจากสายพันธุ์ formosana มากกว่าสายพันธุ์ cubeba จึงสามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สันนิษฐานได้ว่า สาเหตุดังกล่าวเป็นผลทำให้สารสกัดจากผลของสายพันธุ์ formosana มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH

นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากส่วนผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana ยังมีองค์ประกอบของ α-terpinolene ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ อยู่ในสัดส่วนที่มากกว่าสายพันธุ์ cubeba อีกด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ cubeba มีองค์ประกอบของ limonene ที่มากกว่า และยังพบ citronellal ซึ่งไม่พบในน้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ formosana ด้วย ดังนั้น สารทั้งสองชนิดดังกล่าวจึงอาจไม่มีผลเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ในกรณีที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่งในประเด็นนี้จะกล่าวถึงให้ชัดเจนขึ้นในส่วนของการสรุปผลเกี่ยวกับค่า %AA

เมื่อพิจารณาประกอบกับส่วนอื่น พบว่า สารสกัดจากส่วนใบของสายพันธุ์ formosana มีค่า %RSA สูงกว่าสายพันธุ์ cubeba และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบจะพบว่า ใบของสายพันธุ์ formosana มี citral ทั้งสองไอโซเมอร์เป็นองค์ประกอบ แต่ไม่พบในสายพันธุ์ cubeba ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้สารสกัดจากใบของสายพันธุ์ formosana มีค่า %RSA สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณ citral ที่พบในใบดังกล่าว มีสัดส่วนขององค์ประกอบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่อาจสรุปว่า citral เป็นสารเพียงชนิดเดียวที่มีผลในกรณีนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่นด้วย

Sabinene เป็นองค์ประกอบหลักของใบ ซึ่งพบว่าปริมาณ sabinene ในน้ำมันหอมระเหยจากใบของสายพันธุ์ cubeba มีมากกว่าสายพันธุ์ formosana ดังนั้น (40.02% และ 24.82% ตามลำดับ) จึงอาจสันนิษฐานได้ว่า sabinene ไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ ในกรณีของการวัดค่า %RSA เช่นเดียวกับกรณีของ 1,8-cineole และ citronellal

สารที่สำคัญที่น่าสนใจนำมาพิจารณาในกรณีนี้ คือ α-terpinene, α-terpinolene และ linalool โดยพบว่าสารทั้งสามชนิดมีสัดส่วนขององค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากใบของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana สูงกว่าในสายพันธุ์ cubeba โดยเฉพาะ linalool ที่ไม่พบในสายพันธุ์ดังกล่าว นอกจากนั้นดังที่ระบุไว้แล้วว่า ผลของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana ซึ่งสารสกัดมีค่า %RSA สูงกว่าอีกสายพันธุ์หนึ่ง มีปริมาณของ α-terpinolene มากกว่า จึงอาจมีความเป็นไปได้ว่า ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระกรณีทดสอบด้วยอนุมูล DPPH ของสารสกัดจากใบตะไคร้ต้น เป็นผลมาจาก citral ร่วมกับ α-terpinene, α-terpinolene และ linalool ซึ่งผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากสารเหล่านี้ทั้งหมดหรือสารใดสารหนึ่ง หากมีการพิสูจน์แน่ชัดว่าสารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจริง

สำหรับส่วนกิ่งซึ่งไม่สามารถนำมาสรุปเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ได้ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากส่วนดังกล่าวก็มีองค์ประกอบของที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและอาจเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกรณีทดสอบด้วยวิธี DPPH เช่นกัน ได้แก่ linalool, Z-citral และ E-citral โดยพบว่าส่วนดังกล่าวมี citral เป็นองค์ประกอบที่มีสัดส่วนมากที่สุด แต่สัดส่วนดังกล่าวที่พบยังน้อยกว่าในส่วนผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงร้อยละของน้ำมันหอมระเหยต่อวัตถุดิบ 100 กรัมแล้ว พบว่าส่วนกิ่งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าส่วนผลมาก โดยเฉพาะในสายพันธุ์ formosana ซึ่งมีน้ำมันหอมระเหยน้อยมากจนไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เลย เป็นผลให้สารสกัดจากส่วนกิ่งมีค่า %RSA ที่ต่ำกว่าส่วนผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในผลการทดลอง อย่างไรก็ตาม พบว่าสารสกัดจากส่วนกิ่งของสายพันธุ์ cubeba มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH สูงกว่าสารสกัดจากส่วนใบของสายพันธุ์ดังกล่าว ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการมีอยู่ของ citral ทั้งสองไอโซเมอร์ในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่งซึ่งไม่พบในส่วนใบ ซึ่งในกรณีนี้อาจเกี่ยวข้องกับ linalool ซึ่งเป็นสารองค์ประกอบหลักอีกชนิดหนึ่งในกิ่งด้วย

5.5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านอนุมูลอิสระกับน้ำมันหอมระเหย กรณีวิธี BCB

หากพิจารณาถึงค่า %AA จะพบว่าผลการทดลองในส่วนของค่า %AA ขัดแย้งกับค่า %RSA ที่มาจากการทดสอบโดยวิธี DPPH โดยพบว่าแม้ค่า %AA ของแต่ละตัวอย่างในการทดลองจะต่ำมากจนอาจไม่สมควรนำมาพิจารณา เมื่อเทียบกับค่าดังกล่าวของสารละลาย α-tocopherol แต่อย่างไรก็ตาม ค่า %AA ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba ก็สูงกว่าสายพันธุ์ formosana อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนั้นยังพบว่า สัดส่วนของปริมาณสารองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับการสันนิษฐานว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบโดยวิธี DPPH ก็ยังขัดแย้งกับผลการทดสอบโดยวิธี BCB เช่น สัดส่วนของ citral ทั้งสองไอโซเมอร์, α-terpinene, α-terpinolene และ linalool ที่สูงกว่าในน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละส่วนของสายพันธุ์ formosana

ค่า %AA บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสารต่างๆ ในการจับกับ singlet oxygen ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระในขั้นตอน initiation ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่ citral และสารอื่นๆ ที่นำมาพิจารณาในส่วนของวิธี DPPH ได้แก่ α-terpinene, α-terpinolene และ linalool จะมีกลไกในการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระเฉพาะในส่วนของการเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็น hydrogen donor เช่น การทำปฏิกิริยากับอนุมูล DPPH ในการทดลอง แต่ไม่มีคุณสมบัติในการจับกับ singlet oxygen อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานที่ระบุได้แน่ชัดถึงกรณีนี้

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า limonene เป็นสารที่ให้ผลเป็นบวกในการทดลองด้วยวิธี BCB ในหลายงานวิจัย เช่น การวิจัยในดาวเรือง (Martha, *et al*., 2006) และการวิจัยในผักเบี้ยทะเล (Magwa *et al*., 2006) และเมื่อพิจารณาสัดส่วนองค์ประกอบของ limonene ในตะไคร้ต้นแล้ว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ cubeba มีปริมาณ limonene 2.84% ซึ่งมากกว่าที่พบในสายพันธุ์ formosana (1.54%) นอกจากนั้นยังพบ citronellal ซึ่งอาจมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในน้ำมันหอมระเหยจากผลของสายพันธุ์ cubeba แต่ไม่พบในสายพันธุ์ formosana อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาส่วนอื่นๆ นอกเหนือจากส่วนผล พบว่าสารสกัดจากส่วนกิ่งของทั้งสองสายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี BCB สูงกว่าสารสกัดจากส่วนใบ ในขณะที่ส่วนกิ่งมีร้อยละของปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำกว่าส่วนดังกล่าว ซึ่งจะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่งของสายพันธุ์ cubeba มีองค์ประกอบของ limonene เท่ากับ 22.32% ซึ่งไม่พบองค์ประกอบดังกล่าวในน้ำมันหอมระเหยจากใบของทั้งสองสายพันธุ์ นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่งมี citronellal เป็นองค์ประกอบอยู่ 3.18% ซึ่งสูงกว่าสัดส่วนปริมาณของสารดังกล่าวในทั้งน้ำมันหอมระเหยจากใบของสายพันธุ์เดียวกัน (0.83%) และในใบของสายพันธุ์ formosana (0.45%)

อย่างไรก็ตาม แม้จะพบว่าสัดส่วนปริมาณของ limonene และ citronellal ในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนกิ่งของสายพันธุ์ cubeba (22.32% และ 3.18% ตามลำดับ) จะสูงกว่าสัดส่วนของสารดังกล่าวในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนผลของสายพันธุ์เดียวกัน (2.84% และ 2.47% ตามลำดับ) แต่จากค่าร้อยละของน้ำมันหอมระเหยต่อ 100 กรัมของวัตถุดิบ พบว่าส่วนกิ่งมีค่าดังกล่าวน้อยกว่าส่วนผลมาก ซึ่งอาจเป็นเหตุให้สารสกัดจากส่วนผลของทั้งสองสายพันธุ์ มีค่า %AA ที่สูงกว่าสารสกัดจากส่วนกิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าจะมีสัดส่วนปริมาณของ limonene และ citronellal ต่ำกว่าก็ตาม

นอกจาก limonene และ citronellal แล้ว เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนใบ พบว่าสารสกัดจากส่วนใบของสายพันธุ์ cubeba มีค่า %AA สูงกว่าสารสกัดจากส่วนดังกล่าวของสายพันธุ์ formosana อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่สำคัญกว่านั้นคือ ไม่พบองค์ประกอบของ limonene ในส่วนใบ พบเพียง citronellal ซึ่งมีสัดส่วนขององค์ประกอบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่จัดว่าเป็นองค์ประกอบหลัก (0.83% สำหรับสายพันธุ์ cubeba และ 0.45% สำหรับสายพันธุ์ formosana) ดังนั้น จึงควรนำข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นๆ ในน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เป็นองค์ประกอบหลักและมีแนวโน้มว่าจะมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระมาประกอบการพิจารณาด้วย โดยองค์ประกอบเหล่านั้นได้แก่ sabinine และ 1,8-cineole ซึ่งมีการสันนิษฐานว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ในหัวข้อก่อนหน้านี้

Sabinene เป็นสารที่มีสัดส่วนขององค์ประกอบมากที่สุดในน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์ โดยจะพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบของสายพันธุ์ cubeba มีสัดส่วนของ sabinene (40.02%) มากกว่าในสายพันธุ์ formosana (24.82%) เช่นเดียวกับ 1,8-cineole ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากับ 10.52% ในน้ำมันหอมระเหยจากใบของสายพันธุ์ cubeba และ 8.94% ในสายพันธุ์ formosana ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ดังกล่าวอาจเป็นผลทำให้ค่า %AA ของสารสกัดจากใบของสายพันธุ์ cubeba สูงกว่าค่าดังกล่าวของสารสกัดจากใบของสายพันธุ์ formosana ซึ่งอาจเป็นผลจากสารใดสารหนึ่งเพียงสารเดียวหรือเป็นผลจากทั้ง sabinene และ 1,8-cineole ร่วมกันก็ได้ หากพิสูจน์ได้ว่าสารดังกล่าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.5.1.3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระกับน้ำมันหอมระเหย

จากข้อมูลที่ระบุในทั้งสองหัวข้อที่ผ่านมา สามารถสันนิษฐานได้ว่า citral เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจมีกลไกในการเป็นสารประเภท hydrogen donor ในการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ แต่อาจไม่มีคุณสมบัติในการจับกับ singlet oxygen และสารดังต่อไปนี้ ได้แก่ α-terpinene, α-terpinolene และ linalool ก็อาจจะเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยมีกลไกในการทำปฏิกิริยาในรูปแบบดังกล่าว และในทางตรงกันข้าม ยังสามารถสรุปได้ว่า limonene อาจเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีกลไกในการทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen แต่อาจไม่มีคุณสมบัติเป็นสารประเภท hydrogen donor นอกจากนั้น citronellal, sabinene และ 1,8-cineole ก็อาจเป็นสารที่มีคุณสมบัติดังกล่าวด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากนั้น ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้ต้นในการวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถสรุปได้จากสัดส่วนขององค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว แต่จะต้องนำผลการศึกษาร้อยละของน้ำมันหอมระเหยต่อ 100 กรัมของวัตถุดิบจากแต่ละตัวอย่างมาประกอบการพิจารณาด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ไม่มีการแยกทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยโดยตรง เพื่อชี้ชัดว่าสารใดที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระอย่างแท้จริง ดังนั้น ข้อสรุปที่ผ่านมาจึงเป็นเพียงการสันนิษฐานจากรายงานที่มีการอ้างถึงมาก่อนเท่านั้น และนอกจากองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาดังกล่าวแล้ว ในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ต้นยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่มีรายงานรับรองการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่อีกมาก ซึ่งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากผลการทดลองนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่องค์ประกอบหลัก ทั้งนี้สารเคมีดังกล่าวอาจรวมถึงสารต่างๆ ที่ตรวจไม่พบจากการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ HP5-MS ที่ใช้ในการทดลองนี้และสารเคมีที่ไม่ใช่สารประเภทเทอร์พีนที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยด้วย เนื่องจาก สารสกัดที่ใช้ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระในการทดลองนี้เป็นสารสกัดเมธานอล ซึ่งอาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิค หรือสารสี (pigments) ปะปนอยู่ด้วย และในทางกลับกันฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ระบุในผลการทดลองนี้ ก็อาจไม่ใช่ผลที่สืบเนื่องมาจากองค์ประกอบต่างๆ ตามข้อสันนิษฐานที่ได้กล่าวมาเลยก็เป็นได้

5.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เมื่อพิจารณาผลการทดลองด้านสัณฐานวิทยาของส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้น ได้แก่ ใบ กิ่ง ผล และผลแก่ ร่วมกับผลการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นแล้ว จะเห็นว่า แม้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการจะมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เช่น ความหนาของใบและขนาดของใบกับค่า %RSA และ %AA ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารสกัดจากใบ (ตารางที่ 8 และ 24) อย่างไรก็ตาม ส่วนมากความแตกต่างทางด้านสัณฐานวิทยาของส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นจะเป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ ดังนั้น แนวโน้มความแตกต่างดังกล่าวจึงอาจเป็นผลเนื่องมาจากสายพันธุ์มากกว่ารูปร่าง ขนาด หรือสีของส่วนดังกล่าวโดยตรง และในขณะเดียวกัน จากภาพรวมของความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของส่วนอื่นๆ แล้ว ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนมากพอที่จะนำมาสรุปได้ว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยามีผลโดยตรงต่อความแตกต่างด้านประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ

5.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระกับสภาพแวดล้อม

จากข้อมูลความแตกต่างด้านสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของตะไคร้ต้นจากแต่ละพื้นที่ เมื่อประเมินจากสภาพพื้นที่โดยรวมในภาพตะไคร้ต้นที่เก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 48, 52, 56, 61 และ 66) จะเห็นว่า บริเวณที่ตัวอย่างตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขางเจริญเติบโตอยู่ เป็นพื้นที่ที่มีสภาพป่าที่โปร่งมากกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจระบุได้ว่าตะไคร้ต้นที่เจริญในพื้นที่ดังกล่าวมีโอกาสในการรับแสงแดดมากกว่าและมีการรบกวนจากวัชพืชน้อยกว่า ตรงกันข้ามกับพื้นที่ดอยผากลองซึ่งบริเวณที่ตัวอย่างตะไคร้ต้นเจริญอยู่มีสภาพเป็นป่าทึบ มีพืชยืนต้นชนิดอื่นที่มีความสูงมากกว่าเจริญเติบโตอยู่โดยรอบและมีวัชพืชมาก ส่วนพื้นที่ดอยอินทนนท์ แม้ว่าจะมีปริมาณวัชพืชน้อยกว่าพื้นที่ดอยผากลอง แต่สภาพป่าเป็นป่าทึบ มีพืชยืนต้นชนิดอื่นเจริญอยู่โดยรอบอย่างหนาแน่น ซึ่งทั้งนี้ สภาพป่า ปริมาณวัชพืช และโอกาสในการได้รับแสงแดด อาจเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ทำให้ตะไคร้ต้นในพื้นที่ดอยอ่างขางมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากกว่า ส่งผลให้สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์จากดอยอ่างขางมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าจากสารสกัดตะไคร้ต้นในพื้นที่อื่นๆ

อย่างไรก็ตาม เพียงข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมรอบข้างโดยรวมจากการสังเกตด้วยสายตานั้น ไม่อาจสามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้อย่างชัดเจนมากพอ ดังนั้น ข้อมูลทางด้านสภาพทางอุตุนิยมวิทยาและสภาพดินของแต่ละพื้นที่ จึงมีส่วนสำคัญที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อประกอบการวิเคราะห์ด้วย

จากข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ในช่วงปี พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงปีที่ทำการทดลองนี้ พบว่าดอยอ่างขางเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดไม่ว่าจะพิจารณาในแง่ของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด หรืออุณหภูมิเฉลี่ย ในขณะที่พื้นที่ดอยผากลองและดอยอินทนนท์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันมากนักและมีอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่ดอยอ่างขาง ตามหลักการแล้ว ความสูงของพื้นที่มีโดยตรงผลต่ออุณหภูมิ ตามหลัก environmental lapse rate ซึ่งระบุว่า เมื่อความสูงของพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร อุณหภูมิของบรรยากาศจะลดลง 6.5 องศาเซลเซียส แต่พบว่าพื้นที่ดอยอ่างขางซึ่งมีความสูงพื้นที่ต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอยอินทนนท์กลับมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยรวมแล้ว เขตพื้นที่ดอยอินทนนท์มีอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่ดอยอ่างขางทั้งหมด ซึ่งแม้ว่าจะมีความสูงของพื้นที่มากกว่า แต่อุณหภูมิก็ยังคงสูงกว่า ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของตะไคร้ต้นจากแต่ละพื้นที่ดังกล่าวแล้ว จากข้อมูลในส่วนนี้ จึงอาจสรุปได้ว่า ปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่ ไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้นโดยตรง ซึ่งปัจจัยที่เมื่อพิจารณาแล้วน่าจะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติดังกล่าวมากกว่าคือปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ

สำหรับในส่วนของข้อมูลด้านความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน จะเห็นว่าพื้นที่ดอยอ่างขางมีปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าทั้งพื้นที่ดอยผากลองและดอยอินทนนท์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะไคร้ต้นที่เจริญอยู่ในพื้นที่ดอยอ่างขางมีโอกาสได้รับน้ำมากกว่าตะไคร้ต้นที่เจริญอยู่ในพื้นที่อื่นๆ และเนื่องจากความชื้นในบรรยากาศมีผลต่อการคายน้ำของพืช โดยยิ่งมีความชื้นในบรรยากาศสูงมากเท่าไร อัตราการคายน้ำของพืชก็จะยิ่งลดต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ตะไคร้ต้นที่เจริญในพื้นที่ดอยอ่างขางได้รับน้ำปริมาณมากกว่าและมีการสูญเสียน้ำต่ำกว่าตะไคร้ต้นที่เจริญอยู่ในพื้นที่ดอยอินทนนท์และดอยผากลอง

และในส่วนของคุณภาพดิน เมื่อพิจารณาผลการทดลองในตารางที่ 18 จะพบว่าดินจากพื้นที่ดอยอ่างขางและดอยผากลองมีสภาพเป็นกรดและมีปริมาณอินทรียวัตถุใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดินจากพื้นที่ดอยอินทนนท์มีสภาพเป็นกลางและมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่าอยู่ประมาณ 1 เท่าของพื้นที่อื่น ซึ่งจากกรณีนี้สามารถสรุปได้ว่า สภาพความเป็นกรดของดินและปริมาณอินทรียวัตถุอาจมีผลต่อการสร้างสารเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้น

หากพิจารณาเฉพาะในส่วนข้อมูลด้านปริมาณอินทรียวัตถุ อาจระบุได้ว่าดินจากดอยอ่างขางและดอยผากลองเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะสมต่อการเจริญของพืชมากกว่าจึงทำให้ผลผลิตของตะไคร้ต้นมีคุณภาพมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อนำข้อมูลด้านความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ มาประกอบการพิจารณาด้วย จะพบว่าดินจากพื้นที่ดอยอินทนนท์กลับมีความเข้มข้นของธาตุอาหารธาตุอาหารหลัก (ในกรณีนี้คือ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่วนในกรณีของธาตุอาหารรอง พบว่า ดินจากดอยอ่างขางกลับมีความเข้มข้นของธาตุอาหารรองส่วนมาก (กรณีนี้คือแมงกานีส ทองแดง เหล็ก และสังกะสี) ต่ำกว่าดินในพื้นที่อื่นๆ จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ดินจากดอยอ่างขางมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยกว่าดินจากพื้นที่อื่นๆ แต่ตัวอย่างตะไคร้ต้นที่เจริญอยู่ในพื้นที่ที่มีดินซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าวกลับมีการสร้างสารเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่า ซึ่งจากกรณีนี้สามารถตั้งข้อสรุปได้ว่า ธาตุอาหารอาจมีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารเคมีต่างๆ ในพืช รวมถึงสารเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย แต่เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ประกอบ จะเห็นว่า แม้ดินจากพื้นที่ดอยอินทนนท์และดอยผากลองจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงกว่า แต่ก็พบว่ามีปริมาณวัชพืชและพืชยืนต้นชนิดอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เจริญเติบโตอยู่ในบริเวณใกล้เคียงอย่างหนาแน่น ซึ่งในจุดนี้อาจชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ดอยอ่างขางมีสภาวะการแข่งขันเพื่อรับธาตุอาหารของพืชน้อยกว่าพื้นที่อื่น

นอกจากนั้น ข้อมูลที่เป็นที่น่าสังเกตในกรณีนี้คือความเข้มข้นของธาตุอาหารรองที่เป็นแร่โลหะ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง และสังกะสี ซึ่งจากข้อมูลที่ได้อ้างอิงในส่วนของเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีข้อมูลที่ระบุว่าธาตุโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี และปรอท มีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระและ ROS (Afanas'ev, *et al*., 2000 ; Bishop, *et al*., 2007 ; Park and Park, 2007) ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าดินจากพื้นที่ดอยอ่างขางมีปริมาณธาตุโลหะต่างๆ ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ยกเว้นทองแดงซึ่งทุกพื้นที่พบในความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้อย่างคร่าวๆ ว่า เมื่อธาตุโลหะต่างๆ มีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระแล้ว ผลที่เกิดขึ้นตามมาก็อาจเป็นการลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระในระบบ ซึ่งข้อสรุปนี้อาจสามารถอธิบายเหตุผลที่ตัวอย่างตะไคร้ต้นจากพื้นที่ดอยผากลองและดอยอินทนนท์มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าตัวอย่างตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขางได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยอื่นๆ ที่สามารถนำมาสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าวได้

5.5.4 การสรุปผลการทดลองโดยรวม

ตะไคร้ต้น จำแนกได้เป็น 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Litsea cubeba* var. *cubeba* และ *Litsea cubeba* var. *formosana* ซึ่งมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นยังมีแหล่งที่อยู่ที่แตกต่างกันออกไปตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยสายพันธุ์ formosana จะพบได้ในพื้นที่ที่มีระดับความสูงไม่เกิน 1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ส่วนสายพันธุ์ cubeba จะพบได้ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1,100 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตะไคร้ต้นที่เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ดอยอ่างขาง ดอยผากลอง และดอยอินทนนท์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน พบว่า สารสกัดจากส่วนกิ่ง ใบ ผล และผลแก่ของตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขางมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดดังกล่าวของตะไคร้ต้นจากพื้นที่อื่น เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ BCB และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์ โดยเปรียบเทียบจากเฉพาะผลการทดสอบสารสกัดของตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พบตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์อยู่ในพื้นที่เดียวกัน พบว่า สารสกัดจากทุกส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana ยกเว้นส่วนกิ่งมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดดังกล่าวจากสายพันธุ์ cubeba เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH แต่เมื่อทดสอบด้วยวิธี BCB จะพบว่าสารสกัดจากทุกส่วนของสายพันธุ์ cubeba มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาผลการทดลองโดยรวมในทุกพื้นที่แล้วจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เห็นว่า สารสกัดจากส่วนผลตะไคร้ต้นทั้งสองสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนอื่น เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ BCB

ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของจากตะไคร้ต้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ภายในส่วนต่างๆ ที่นำมาทดลอง ซึ่งจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของตัวอย่างตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขาง ซึ่งพบว่าส่วนผลเป็นส่วนที่มีน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น นอกจากนั้นยังพบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากทุกส่วนมากกว่าสายพันธุ์ formosana แต่จากผลการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดจากส่วนผล ใบ และผลแก่ของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า กรณีนี้อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากงานวิจัยอื่นๆ มาประกอบการวิเคราะห์จะพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana มีองค์ประกอบของสารเคมีที่มีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ citral ทั้งสองไอโซเมอร์ และ α-terpinene, α-terpinolene และ linalool ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าอาจเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba โดยอาจสันนิษฐานได้ว่าสารต่างๆ ดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็น hydrogen donor ส่วนสาเหตุที่สารสกัดจากส่วนกิ่งของสายพันธุ์ cubeba มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสายพันธุ์ formosana เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH กรณีนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่ส่วนกิ่งของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ formosana มีปริมาณน้ำมันหอมระเหย น้อยกว่ากิ่งของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มาก เนื่องจากการต้านอนุมูลอิสระเนื่องมาจากฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยคือข้อสันนิษฐานหลักในการทดลองนี้

ในทางตรงกันข้าม เมื่อทดสอบด้วยวิธี BCB แล้วพบว่าสารสกัดจากทุกส่วนของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสายพันธุ์ formosana กรณีนี้ก็อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยเช่นกัน โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มีองค์ประกอบของ limonene ซึ่งเป็นสารที่มีรายงานว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยจากสายพันธุ์ formosana นอกจากนั้นยังพบ citronellal, sabinene และ 1,8-cineole ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจจะเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นสายพันธุ์ cubeba มากกว่าสายพันธุ์ formosana ซึ่งอาจสันนิษฐานได้ว่าองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมา มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยการทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen

จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้น สำหรับอีกปัจจัยหนึ่ง ได้แก่ ปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่ เมื่อนำข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างมาประกอบการพิจารณาจะสามารถสรุปได้ว่า ตะไคร้ต้นจากดอยอ่างขาง ซึ่งสารสกัดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตะไคร้ต้นจากพื้นที่อื่นเจริญเติบโตอยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองพื้นที่ แต่กลับเป็นพื้นที่ที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิต่ำที่สุด มีความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝนต่อปีสูงที่สุด สภาพป่าที่พบตะไคร้ต้นเป็นป่าโปร่ง มีปริมาณวัชพืชน้อยกว่าพื้นที่อื่น และเมื่อวิเคราะห์ดินที่เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ดอยอ่างขาง พบว่าดินดังกล่าวมีสภาพเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าดินในพื้นที่อื่น แต่กลับมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองโดยรวมน้อยกว่า โดยพบว่ามีความเข้มข้นของธาตุโลหะ ได้แก่ สังกะสี และธาตุเหล็ก ซึ่งมีรายงานว่าเป็นปัจจัยในการเร่งปฏิกิริยาในการเกิดอนุมูลอิสระน้อยกว่าดินจากพื้นที่อื่น สำหรับในกรณีของทองแดงแม้จะมีความเข้มข้นมากกว่าพื้นที่อื่นๆ แต่ก็พบในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่สามารถรับรองเหตุผลดังกล่าวได้

ซึ่งจากเหตุผลที่กล่าวมา ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความสูงของพื้นที่อาจไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้น เป็นเพียงปัจจัยด้านแหล่งที่อยู่ของตะไคร้ต้นแต่ละสายพันธุ์เท่านั้น โดยปัจจัยที่อาจมีผลโดยตรงน่าจะเป็นปัจจัยต่างๆ ที่ตามหลักการแล้วมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำที่ได้รับ และความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่ไม่ได้อยู่ในแผนการทดลอง เช่น สภาพความหนาแน่นของป่า การได้รับแสง และปริมาณวัชพืช

5.6 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้ระบุให้เห็นว่าตะไคร้ต้นเป็นพืชที่มีศักยภาพ และแนวโน้มว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะในกรณีของยาต้านมะเร็ง โดยส่วนที่น่าสนใจที่สุดคือส่วนผลซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อทดสอบด้วยทั้งวิธี DPPH และ BCB นอกจากนั้น ถ้าพิจารณาเฉพาะจากผลการทดลอง สายพันธุ์ที่น่าสนใจมากกว่าสำหรับการประยุกต์ใช้ดังกล่าวคือสายพันธุ์ cubeba ซึ่งแม้ว่าสารสกัดจากผลของสายพันธุ์ formosana จะมีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากวิธี DPPH โดยพบว่าสารสกัดดังกล่าวสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า α-tocopherol แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากทั้งสองวิธี สารสกัดจากส่วนผลของสายพันธุ์ cubeba มีค่า %AA สูงกว่าสายพันธุ์ formosana มาก และมีค่า %RSA ที่ต่ำกว่าสายพันธุ์ formosana เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น หากพิจารณาเฉพาะในส่วนของผลการทดลองแล้ว สายพันธุ์ cubeba เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้มากกว่า อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาด้วยเหตุผลในทางเกษตรกรรม สายพันธุ์ formosana ก็อาจเป็นสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งนอกจากเหตุผลในด้านประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของส่วนผลแล้ว ยังพบว่าตะไคร้ต้นสายพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดและความสูงของลำต้นไม่มากนัก ซึ่งเหมาะสมต่อการจัดการในทางเกษตรกรรมมากกว่าสายพันธุ์ cubeba

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตะไคร้ต้นยังเป็นพืชที่ยังต้องมีการค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมอีกมาก สำหรับประเด็นเกี่ยวกับการต้านอนุมูลอิสระ โดยในอนาคตควรมีการวิจัยถึงกลไกในการต้านอนุมูลอิสระที่ละเอียดและจำเพาะเจาะจงมากขึ้น เช่น การวิจัยโดยตรงว่าสารเคมีต่างๆ ที่อ้างถึงในการวิจัยนี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจริงหรือไม่ เนื่องจาก ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการสรุปจากหลักฐานที่พบในงานวิจัยอื่นๆ เท่านั้น และนอกจากนั้นยังควรมีการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตะไคร้ต้นด้วยวิธีการอื่นๆ นอกจากวิธี DPPH และ BCB เนื่องจากจะพบว่าผลการทดลองจากทั้งสองวิธีการดังกล่าวในการทดลองนี้ยังมีความขัดแย้งกันอยู่มาก ซึ่งหากมีการทดลองเพิ่มเติมด้วยวิธีอื่นๆ ก็จะสามารถหาข้อพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนมากขึ้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของพืชชนิดนี้ ซึ่งการทดลองดังกล่าว อาจรวมถึงการทดลองใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นๆ ในการสกัดนอกเหนือจากเมธานอล โดยควรมุ่งเน้นไปที่ตัวทำละลายที่ไม่มีอันตรายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต เช่น เอธิลอะซิเตท (ethylacetate) และเอธานอล (ethanol) เป็นต้น และอาจทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบของสารเคมีในตะไคร้ต้นโดยใช้คอลัมน์ชนิดอื่นๆ ในการวิเคราะห์ด้วย GC-MS เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีดังกล่าวที่กว้างมากขึ้น

นอกจากการวิจัยที่เกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระแล้ว การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาตามธรรมชาติของตะไคร้ต้นก็เป็นประเด็นที่น่าสนใจ เนื่องจากแม้ว่าในปัจจุบันจะมีผลการวิจัยมากมายที่ระบุถึงคุณสมบัติต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ของตะไคร้ต้น แต่ก็ยังไม่มีผลการวิจัยที่ระบุถึงวิธีการเพาะเมล็ดตะไคร้ต้นให้งอกเป็นต้นอ่อนได้สำเร็จ รวมทั้งการขยายพันธุ์โดยวิธีต่างๆ และวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วย นอกจากนั้น ปัจจุบันยังไม่มีการรายงานที่ระบุชัดเจนถึงกลไกในการเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิต ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของตะไคร้ต้น โดยในปัจจุบันนี้ ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากตะไคร้ต้นล้วนนำวัตถุดิบมาจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของตะไคร้ต้นที่เจริญเติบโตอย่างอิสระในพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นผลให้มีปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีรวิทยาต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติของตะไคร้ต้น ตลอดจนการประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมในทางเกษตรกรรม จึงนับว่ามีความสำคัญมากในการผลักดันตะไคร้ต้นให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved