รายงานผลการวิจัยปี 2544

เรื่อง

การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง

เสนอต่อ

มูลนิธิโครงการหลวง

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
CHIANG MAI UNIVERSITY LIBRARY

โดย

คณะทำงานวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพร

หัวหน้าโครงการย่อย :	ผศ. ดร. พิทยา สรวมศิริ	คณะเกษตรศาสตร์ (ผู้ประสานงาน)
	รศ. ดร. นุชนารถ จงเลขา	คณะเกษตรศาสตร์
	อาจารย์ดรุณี นาพรหม	คณะเกษตรศาสตร์
	ผศ. ปริทรรศน์ ไตรสนธิ	คณะวิทยาศาสตร์
	อาจารย์ ดร. ชูศรี ไตรสนธิ	คณะวิทยาศาสตร์
	รศ. ดร. เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์	คณะวิทยาศาสตร์
	รศ. ดร. กฤษณา ภูตะคาม	คณะเภสัชศาสตร์
	รศ. ดร. ญาณี พงศ์ไพบูลย์	คณะเภสัชศาสตร์
	รศ. ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี	คณะอุตสาหกรรมเกษตร
	คุณพรสวรรค์ ดิษยบุตร	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนำ

รายงานผลการวิจัยสมุนไพรประจำปี 2544 เรื่อง "การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง" นี้ ประกอบไปด้วยงานวิจัยจำนวน 7 โครงการย่อยจากคณะทำงานวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพร มูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งประกอบด้วยคณาจารย์จาก คณะเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และนักวิจัยจากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นงานวิจัยพืชสมุนไพรของมูลนิธิฯ จึงครอบคลุมตั้งแต่เรื่องการศึกษาทางพฤกษศาสตร์ การจำแนกสายพันธุ์ การขยายพันธุ์ การเพาะปลูก และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังว่าข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจงานเกี่ยวกับพืชสมุนไพรของมูลนิธิโครงการหลวง และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้จัดทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

โครงการย่อยที่ 1 :
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชเครื่องเทศในสกุล Zanthoxylum บางชนิดในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

โครงการย่อยที่ 2 :
การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาวและพืชสมุนไพรบนพื้นที่สูง

โครงการย่อยที่ 3 :
การผลิตพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูง

โครงการย่อยที่ 4 :
การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของไม้ตัดดอกบางชนิด

โครงการย่อยที่ 5 :
การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงและพื้นที่สูง (ตอนที่ 2)

โครงการย่อยที่ 6:
การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรและพืชท้องถิ่นบนพื้นที่สูงและพื้นที่โครงการหลวง

โครงการย่อยที่ 7:
การพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 1

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชเครื่องเทศในสกุล Zanthoxylum บางชนิดในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* บางชนิด ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

อาจารย์ ดร. ชูศรี ไตรสนธิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริทรรศน์ ไตรสนธิ
นางสาวรัชชุพร สภานุชาต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำพืชมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศและสมุนไพรกันอย่างแพร่หลาย แต่พืชบางชนิดก็ยังมีการนำมาใช้เพียงในชุมชนบางกลุ่มเท่านั้น โดยอาศัยความรู้ที่สืบทอดกันมาในลักษณะภูมิปัญญาท้องถิ่นของชนแต่ละพื้นที่ ซึ่งความรู้เหล่านี้นับวันก็ใกล้จะสูญหายไปตามอายุขัยของผู้รู้หรือถูกชาวต่างชาติลักลอบนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากคนไทยรุ่นใหม่มักมองไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญ จึงควรที่จะต้องรีบทำการรวบรวมเก็บรักษาพันธุ์พืชและสนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรพืชเหล่านี้กันอย่างจริงจัง ก่อนที่จะไม่เหลืออะไรให้ชนรุ่นหลังได้รู้จัก

พืชเครื่องเทศเป็นพืชที่น่าสนใจประเภทหนึ่ง เนื่องจากน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่มีอยู่ในพืชเครื่องเทศหรืออาจเรียกว่าสารระเหย (volatile substances) ซึ่งโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของพวก aldehydes, ketones, alcohols และ terpenoids นั้นมีคุณสมบัติในการช่วยปรุงแต่งรสและกลิ่นของอาหาร รวมทั้งเครื่องดื่มต่างๆ ให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำย่อยอาหารและทำให้การหมุนเวียนของโลหิตดีขึ้น พืชเครื่องเทศบางชนิดมีฤทธิ์ขับลม ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย จึงได้มีการใช้พืชเครื่องเทศเป็นยารักษาโรคหรือเป็นส่วนผสมของยารักษาโรคมาแต่สมัยโบราณ (ชวลิต, 2528, นิจศิริ, 2534 และจิรพงษ์, 2535) ซึ่งปัจจุบันความต้องการพืชเครื่องเทศของตลาดในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น ประกอบกับประเทศไทยมีสภาพดินฟ้าอากาศเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชเครื่องเทศหลายชนิด ทั้งที่พบขึ้นเองตามธรรมชาติและนำมาปลูกเพื่อการค้า แต่การผลิตเครื่องเทศในอดีตที่ผ่านมาขาดความสนใจจากภาครัฐบาลทำให้พืชเครื่องเทศหลายชนิดที่เจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทยมีการผลิตเพียงเล็กน้อยทำให้ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นการขาดดุลการค้าปีละเป็นจำนวนมาก (กระทรวงพาณิชย์, 2532)

พืชในสกุล *Zanthoxylum* วงศ์ Rutaceae เป็นพืชอีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจที่จะนำมาศึกษาเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากได้มีการสำรวจเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่ามีคุณสมบัติในการนำมาเป็นเครื่องเทศประกอบอาหาร เช่น แกง ลาบ ซึ่งบางชนิดได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ทำรายได้ให้กับชาวบ้านเป็นอย่างดี เช่น มะแขว่น (*Zanthoxylum myriacanthum* DC.) และมะข่วง (*Z. rhetsa* Wall ex. Hook. f.) ในขณะที่บางชนิดกลับมีการนำมาใช้ในชุมชนเพียงกลุ่มเล็กๆ เช่น มะมาด (*Z. acanthopodium* DC.) และห่อเจียว (*Z. armatum* DC.) (รัชชุพร ชูศรี และปริทรรศน์, 2544) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดที่ได้จากพืชสกุลนี้สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของยาบางชนิดได้ เช่น ฤทธิ์ที่มีผลต่อการยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง ยาแก้ปวดฟัน ยาลดไข้ ยาขับลมช่วยในระบบการย่อยอาหาร ยาคลายกล้ามเนื้อ ยารักษาโรคข้อ ยาแก้อักเสบ ยาขับปัสสาวะ ยาต้านเชื้อรา ยาแก้พิษงูกัด ยาฆ่าพยาธิ ยาเบื่อปลา และสามารถไล่แมลงได้ (Bowen, J. M. *et al.*, 1996; Das, N G *et al.*, 1999; Perry, L. M., 1981; Sapu, C., 1999 and Sukari, M. A. *et al.* ,1999) ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมีผู้ที่สนใจและดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของพืชในสกุลนี้อยู่จากหลายหน่วยงาน แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์และรวบรวมพืชสกุลนี้ในประเทศไทยอย่างจริงจัง รวมถึงยังไม่มีเอกสารรูปวิธาน (keys) ที่ช่วยในการจัดจำแนกชนิดพืชกลุ่มนี้ที่พบในประเทศไทยให้เข้ากับมาตรฐานสากล จึงมักจะมีปัญหาและค่อนข้างสับสนในการหาชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เลือกพืชเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* ที่น่าสนใจ มาศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เนื่องจากข้อมูลการวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงได้พบว่าเครื่องเทศกลุ่มนี้มีการนำไปใช้ในหมู่บ้านต่างๆ โดยเฉพาะที่เป็นเขตรับผิดชอบของมูลนิธิโครงการหลวง จึงน่าจะมีการศึกษาด้านพฤกษศาสตร์ให้ละเอียดเพื่อจะได้นำไปพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจให้กับมูลนิธิโครงการหลวงต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาอนุกรมวิธาน เปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และกายวิภาคของพืชเครื่องเทศในวงศ์ Rutaceae สกุล *Zanthoxylum* บางชนิดที่พบในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย รวมถึงสังเกตความผันแปรของสายพันธุ์ต่างๆ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1. ได้ชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และมีข้อมูลเปรียบเทียบทางสัณฐานวิทยา และกายภาควิทยาของพืชที่มีศักยภาพเป็นเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* บางชนิดที่พบในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมเป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคต
2. เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในโครงการพัฒนาสมุนไพรของมูลนิธิโครงการหลวง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ของพืช

พืชเป็นปัจจัยสำคัญที่ถูกนำมาใช้เป็นที่อยู่อาศัย อาหาร เครื่องป้องกันตัว และยารักษาโรคซึ่งได้มีการใช้ประโยชน์สืบต่อกันมาเป็นเวลานานในลักษณะภูมิปัญญาชาวบ้าน ซึ่งในยุคแรกๆ ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงหลักการแพทย์แผนปัจจุบันยังไม่ก้าวหน้า โดยในแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทยนั้นมีพืชหลายชนิดที่ชาวบ้านนิยมนำมาใช้ประโยชน์และกลายเป็นพืชเศรษฐกิจในเวลาต่อมา แต่บางชนิดก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ซึ่งน่าจะถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจต่อไปได้ ในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศและสมุนไพร

พืชเครื่องเทศ (Spice Plants)

ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานได้ให้ความหมายของเครื่องเทศว่าเป็นของหอมฉุน และเผ็ดร้อนที่ได้จากต้นไม้สำหรับใช้ทำยาไทย และปรุงอาหาร (ราชบัณฑิตสถาน, 2525) ส่วนคำว่า "spices" จะหมายถึงส่วนของพืช ไม่ว่าจะเป็นชิ้น หรือบดเป็นผง ซึ่งจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดกลิ่น รสเผ็ดร้อนขึ้นในอาหาร หรือเครื่องดื่ม ทำให้เกิดความรู้สึกน่ารับประทาน และรสชาติดีขึ้น (นิจศิริ, 2534)

เครื่องเทศไม่จัดว่าเป็นอาหารเพราะมีคุณค่าทางอาหารน้อยมาก แต่เครื่องเทศก็ช่วยทำให้รสและกลิ่นของอาหารดีขึ้น ให้อาหารนั้นชวนรับประทาน ช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำย่อยอาหาร ดังนั้นจึงจัดเครื่องเทศไว้เป็นเครื่องประกอบอาหารหรือเครื่องเคียง นอกจากนั้นยังทำให้การหมุนเวียนของโลหิตดีขึ้น เครื่องเทศบางชนิดมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย จึงได้มีการใช้เครื่องเทศเป็นยารักษาโรคหรือเป็นส่วนผสมของยารักษาโรคมาแต่สมัยโบราณ คุณค่าของเครื่องเทศอยู่ที่กลิ่นซึ่งได้มาจากน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่มีอยู่ในเครื่องเทศนั้นๆ หรืออาจเรียกว่าสารระเหย (volatile substances) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่มีสี แต่เมื่อถูก oxidize จะมีสีที่เข้มขึ้น น้ำมันหอมระเหยจัดอยู่ในสารประเภทที่ระเหยได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ได้กลิ่นของสารประกอบดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของพวก aldehydes, ketones, alcohols และ terpenoids ส่วนประกอบเหล่านี้เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเครื่องเทศทุกชนิดที่มีคุณสมบัติที่สามารถแพร่ไปในอากาศได้อย่างรวดเร็ว เมื่อนำไปรวมกับอาหารจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่แสดงออกมาถึงกลิ่นและรสของ essential oils นอกจากนั้นมักพบสารประกอบพวก alkaloids, glycoside, carbonic acids, protein, fat, carbon, และ vitamin อีกด้วย (รุ่งรัตน์, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำมันหอมระเหยยังมีคุณสมบัติช่วยขับลม ทำให้ลำไส้เคลื่อนไหวบีบตัวได้มากขึ้น จึงมักใช้ในตำรับยาเกี่ยวกับโรคทางเดินอาหาร (ชวลิต,2528; นิจศิริ,2534 และ จิรพงษ์, 2535) ดังนั้นพืชเครื่องเทศบางชนิดที่มีคุณสมบัติทางยาจึงถือเป็นพืชสมุนไพรได้ด้วย (รุ่งรัตน์, 2540)

สำหรับการนำมาปรุงอาหารนั้นสามารถแบ่งประเภทของเครื่องเทศได้ดังนี้

Condiment	คือเครื่องเทศที่ใส่หรือโรยอาหารขณะปรุงสุกแล้ว
Seasonings	คือเครื่องเทศที่ใส่หรือโรยอาหารขณะปรุง
Savory Seed	คือเครื่องเทศที่ใช้ทั้งผลปรุงอาหาร
Sweet herbs	คือเครื่องเทศที่ใช้ส่วนของทั้งใบสดและใบแห้งปรุงอาหาร (นิจศิริ, 2534)

ประวัติของพืชเครื่องเทศ

แรกทีเดียวมนุษย์ไม่ได้ใช้พืชเครื่องเทศในการเป็นเครื่องปรุงอาหาร แต่ใช้ประโยชน์ในทางอื่น เช่น ขบเคี้ยว ถนอมอาหาร ทำมัมมี่ เป็นต้น มนุษย์รู้จักนำเอาพืชเครื่องเทศมาใช้ประโยชน์ในการปรุงแต่งรสอาหารเมื่อประมาณศตวรรษที่ 1 (พิทยา, 2529) นอกจากนั้นมนุษย์ยังได้รู้จักปลูกและรู้จักใช้เครื่องเทศมาตั้งแต่ราว 1600 ปีก่อนคริสตกาล ดังที่ได้มีการบันทึกไว้ในกระดาษกกปาปิรุส (papyrus) ตลอดจนมีการบันทึกในการนำไปประกอบการทำมัมมี่ของอียิปต์โบราณด้วยการใส่เครื่องเทศหลายชนิดลงในช่องท้องของศพเพื่อรักษาศพไว้ไม่ให้เน่าเปื่อยอีกด้วย

เครื่องเทศมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย และเป็นสินค้าที่นำมาแลกเปลี่ยนกันระหว่างชาวตะวันตกและชาวตะวันออก พ่อค้าชาวอาหรับเป็นผู้นำเครื่องเทศจากประเทศทางอินเดียตอนใต้และจากหมู่เกาะเครื่องเทศ (Spices Islands) คือบริเวณประเทศอินโดนีเซียในปัจจุบันไปสู่อาหรับ และส่งต่อไปยังทวีปยุโรป ซึ่งเริ่มแพร่หลายครั้งแรกในสมัยกรีกและโรมันเจริญรุ่งเรือง โดยจุดมุ่งหมายของการใช้เครื่องเทศมุ่งในด้านการปรุงแต่งรสอาหารและการถนอมอาหารเป็นสำคัญจึงทำให้มีการเสาะแสวงหาท้องถิ่นที่มีเครื่องเทศกันอย่างมากมาย ในสมัยโบราณการทำสงครามเพื่อหาอาณานิคมและการค้นพบประเทศหรือดินแดนใหม่ๆ ก็เป็นผลเนื่องจากความต้องการเครื่องเทศนั่นเอง เช่น โคลัมบัสพบหมู่เกาะอินเดียตะวันตก วาสโกเดอกามาเดินทางอ้อมแหลมกู๊ดโฮป มาร์โคโปโลเดินทางไปหาซื้อเครื่องเทศจนถึงจีนจนก่อให้เกิดเส้นทางสายแพรไหม (silk routes) ขึ้น (นิจศิริ, 2534)

พืชเครื่องเทศแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวเกี่ยวกับความต้องการสภาพแวดล้อมเพื่อการเจริญเติบโต ความแตกต่างกันของปริมาณฝน ความชื้น อุณหภูมิ และแสงในแต่ละสภาพภูมิประเทศได้กำหนดให้พืชเครื่องเทศมีแหล่งกำเนิดที่กระจัดกระจายไปทั่วโลก แต่มนุษย์ก็เป็นตัวการสำคัญที่นำเอา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจไปปลูกในแหล่งอื่นๆ โดยอาศัยความรู้และความก้าวหน้าทางวิทยาการของการเพาะปลูกเข้าช่วยหรือปรับปรุงให้พืชปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาจแตกต่างไปจากในแหล่งต้นกำเนิดเดิมไปบ้าง จึงไม่จำเป็นเสมอไปว่าผู้ผลิตจะเป็นที่เดียวกับแหล่งกำเนิด (พิทยา, 2529)

ประเทศไทยมีการใช้พืชเครื่องเทศและสมุนไพรกันมานานแล้วเนื่องจากอุปนิสัยการกินของคนไทยจะต้องใช้เครื่องเทศเป็นองค์ประกอบของอาหารเสมอ ทั้งที่โดยปกติแล้วเครื่องเทศไม่ได้เป็นอาหารหลัก แต่เป็นเพียงอาหารเสริมช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นและรสดี เป็นการช่วยให้เจริญอาหาร ช่วยกระตุ้นให้กระเพาะอาหารหลั่งน้ำย่อยออกมามากกว่าปกติ ดังนั้นอาหารไทยจึงมักจะใช้เครื่องเทศในการประกอบอาหาร นอกจากนั้นยังใช้ในการทำเครื่องหอม เช่น ธูปหอม น้ำอบ เครื่องสำอางค์ เป็นต้น (รุ่งรัตน์, 2540)

พืชสมุนไพร

พืชสมุนไพรเป็นพืชยาธรรมชาติทั้งสดและแห้งในสภาพที่ยังไม่ได้แปรรูป โดยเฉพาะพืชสมุนไพรที่อยู่ใต้ดินและเหนือดิน (สมพร, 2536)

ประวัติของพืชสมุนไพร

การใช้ยาสมุนไพรนั้นมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในทุกครัวเรือนมาเป็นเวลานาน ปัจจุบันพืชสมุนไพรก็ยังคงเป็นพืชที่มีคุณค่าทั้งทางยาและทางเศรษฐกิจที่ประชาชนชาวไทยยังคงให้ความนิยมอยู่และใช้ปรุงยาแผนโบราณกันอย่างกว้างขวาง แม้ปัจจุบันจะมียาจากการแพทย์แผนปัจจุบันที่สะดวกในการใช้และเก็บรักษากว่า แต่พืชสมุนไพรก็เป็นที่ต้องการของตลาดจากต่างประเทศสูงมาก เช่น ประเทศญี่ปุ่น อเมริกา และประเทศต่างๆ ในแถบยุโรป ซึ่งไม่สามารถผลิตกันได้เอง อีกทั้งคนส่วนใหญ่นิยมใช้สมุนไพรกันมากในลักษณะการผลิตเป็นอาหารเสริมสุขภาพ ใช้พืชสมุนไพรเป็นวัตถุดินเบื้องต้นในการสกัดสารเคมีต่างๆ เพื่อใช้ผลิตยาแผนปัจจุบันต่อไป พืชสมุนไพรจึงเป็นสินค้าออกที่สำคัญอีกกลุ่มหนึ่งของตลาดการส่งออกของประเทศไทย อย่างไรก็ดีการผลิตสมุนไพรของไทยนั้นส่วนมากใช้วิธีเก็บหามาจากป่าธรรมชาติมากกว่าทำการเพาะปลูกเป็นการค้า หรือหามีก็มีในปริมาณไม่มาก จึงมักทำให้เกิดอุปสรรคต่อการขยายตลาด

ปัจจุบันมูลค่าการค้าพืชสมุนไพรของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องส่งเสริมให้มีการศึกษาให้ได้ข้อมูลทางด้านพฤกษศาสตร์ และการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในสมุนไพรแต่ละชนิดซึ่งมีสรรพคุณทางด้านเภสัชวิทยาให้เพียงพอ เพื่อพัฒนาพืชสมุนไพรเหล่านี้ให้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยาแตกต่างกัน โดยสารเคมีที่มีอยู่ในเซลล์หรือเนื้อเยื่อพืชทุกชนิดเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงของพืชทั้งสิ้น สารเคมีที่ผลต่อสรีรวิทยาของร่างกาย เช่น alkaloids, glycosides, essential oils, tannin, gum, latex, steroids และflovonoids เป็นต้น (รุ่งรัตน์, 2540)

การนำไปใช้ประโยชน์ของพืชเครื่องเทศและสมุนไพร

แต่ละท้องถิ่นในประเทศไทยมีพืชหลากหลายชนิดที่ชาวบ้านนิยมนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นความรู้ที่สะสมกันมานานโดยการบอกเล่าต่อกันสืบทอดมาจากบรรพบุรุษที่เรียกว่าพฤกษศาสตร์พื้นบ้าน โดยที่บางชนิดก็กลายเป็นพืชเศรษฐกิจระดับประเทศ แต่ก็ยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย ดังมีการสำรวจ และบันทึกไว้ดังนี้

1. *Zanthoxylum acanthopodium* Roxb.

ทิพย์สุดา (2541) ศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวขมุ ชาวลัวะและชาวถิ่นในบางพื้นที่ของจังหวัดน่าน โดยพบชาวลัวะที่บ้านเต๋ยกลาง อำเภอปัว จังหวัดน่าน นำผลมาเป็นเครื่องเทศ และอรุโณทัย (2541) สำรวจไม้ยืนต้น และไม้พุ่มในพื้นที่ป่าธรรมชาติบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ พบมะข่วงอยู่ในพื้นที่การศึกษา นอกจากการนำพืชชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศภายในประเทศไทยแล้วยังพบว่ามีการนำไปใช้เป็นเครื่องเทศที่สำคัญในแถบหิมาลายาและประเทศในแถบเอเชีย (Rougeot, 1969; anonymous, 2001) รวมทั้งมีการนำผลมาเป็นเครื่องเทศประเภท condiments ในประเทศอินเดีย (Sapu, C., 1999) และนำเปลือกผลมาเป็นเครื่องเทศในประเทศอินโดนีเซียอีกด้วย (Wijaya, C.H., 2000)

สำหรับการนำพืชชนิดนี้มาเป็นยาพบว่าในประเทศแถบอินโดจีนใช้กลิ่นหอมจากเมล็ดในการทำให้ไข้ลด (Perry, L.M., 1981) มีนำสารสกัดจากรากมาศึกษาพบว่ามีผลต่อการตายของหนูทดลอง (anonymous, 1963) นอกจากนั้นในประเทศอินเดียได้มีการนำส่วนของใบและผลมาเป็นยาลดไข้และเบื่อปลา ส่วนผลสามารถนำมาแก้โรคปวดฟัน (Sapu, C., 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. *Zanthoxylum armatum* DC.

พบว่าในประเทศจีน ไต้หวันและประเทศแถบอินโดจีนใช้ผลฆ่าพยาธิ เมื่อนำผลมาบดเป็นผงผสมกับสารละลายกรดสามารถรักษาโรคฟันและหิดได้ ส่วนรากนำมาต้มแก้พิษงูกัดและรักษาโรคเกี่ยวกับระบบการย่อยอาหาร (Perry, L.M., 1981) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาพบว่าสามารถใช้กลิ่นหอมของมเล็ดและเปลือกในการลดไข้ รักษาโรคอาหารไม่ย่อยและอหิวาต์ ส่วนผล กิ่ง และหนามใช้เบื่อปลา แก้ปวดฟัน เป็นยาขับลมแก้ท้องเฟ้อ และยารักษากระเพาะอาหาร นอกจากนั้นยังพบว่าในประเทศเนปาลได้มีการนำสารสกัด methanol ที่ได้จากส่วนของเปลือกและรากมาใช้ต้านการเจริญของเซลล์ HaCaT ในมนุษย์ได้ ส่วนสาร limonene methyl cinnamate และ cinede ให้กลิ่นในการปรุงแต่งรสอาหาร นอกจากนั้นยังป้องกันการติดเชื้อ เป็นยาระงับประสาท ข้อต่ออักเสบ และอาการปวดฟันได้อีกด้วย ในขณะที่ประเทศอินเดียใช้สารสกัดจากผลเบื่อปลา (Ramanujam. S.N.and Ratha, B.K., 1983; anonymous, 2000; anonymous, 2001) ส่วนของน้ำมันหอมระเหย (essential oils) สามารถนำมาไล่ยุงได้ (Das, NG., 1999) มีการนำมาเป็นเครื่องเทศ ทำความสะอาดฟัน บรรเทาอาการปวดฟัน และเบื่อปลาในประเทศอินเดียและชนพื้นบ้านหลายพื้นที่ของ Kashmir และประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (anonymous, 2000) และมีการนำส่วนของราก เมล็ด และลำต้นมาเป็นเครื่องเทศและยาในประเทศจีน (Aidong, L., 2001) นอกจากนั้นยังพบว่าพืชชนิดนี้เป็นเครื่องเทศที่สำคัญและแพร่หลายในประเทศเนปาลและประเทศในแถบหิมาลายาและเอเชีย เช่น เวียดนามอีกด้วย (Anonymous, 2001; World Concervation Monitoring Centre, 2002) สำหรับประโยชน์ด้านอื่นๆ ที่พบได้แก่การนำมาเป็นยาดับกลิ่นและเป็นส่วนประกอบของสบู่ (anonymous, 2002)

3. *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston

สำรวจพบโดยจันทรารักษ์(2541)ในการศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวไทลื้อ ชาวม้ง และชาวเย้าในบางพื้นที่ของจังหวัดน่าน เจนจิรา (2539) สำรวจตลาดของผักพื้นบ้านที่ตลาดประตูเชียงใหม่พบว่ามีการใช้ช่อผลแห้งปรุงเครื่องแกง ทิพย์สุดา (2541) ได้ศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวขมุ ลัวะ และชาวถิ่นในบางพื้นที่ของจังหวัดน่าน พบว่าใช้ผลเป็นเครื่องเทศ ปริทรรศน์ และชูศรี (2542) สำรวจพืชผักพื้นเมืองในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยพบว่าใช้ผลปรุงรสแกง และลาบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ***Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.**

พบว่าในประเทศแถบมาเลเซียใช้การสูดกลิ่นควันของเมล็ดรักษาแผลเปื่อยเรื้อรังและโรคซิฟิลิส (Perry, L.M., 1981) นอกจากนั้นยังมีการใช้ส่วนของเปลือกต้นแห้งและสารสกัดจากใบมาใช้ต้านการทำงานของเซลล์มะเร็งอีกด้วย (Sukari, M.A. *et al.*, 1999) ส่วนในประเทศบรูไนใช้ใบเป็นส่วนประกอบของยาลดไข้และยาแก้ไอ (Kulip, J., 1996)

5. ***Zanthoxylum rhetsa* (Roxb) DC.**

พบว่าในประเทศออสเตรเลียใช้เป็นเครื่องเทศประเภท condiment (Biological Abstract Database, 1988-2000) เช่นเดียวกับในประเทศอินเดียที่นำเอาผลมาประกอบอาหารในรูปของเครื่องเทศทั้งในประเภท condiment และseasoning ในอาหารประเภทปลาและพืชชนิดนี้ยังเป็นเครื่องเทศที่สำคัญในประเทศแถบหิมาลายาและเอเชีย (Sapu, C., 1999; anonymous, 2001) นอกจากนั้นประเทศจีนและอินโดนีเซียก็ยังนำเมล็ดเป็นเครื่องเทศส่งออกไปยังแถบยุโรปอีกด้วย (FAO, 2002)

สำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ทางยานั้นมีการรายงานว่าเปลือกผลสามารถให้กลิ่นหอมเป็นยาบำรุงกำลัง ลดไข้ ลดอาการเจ็บหน้าอก และเมื่อนำเปลือกผลมาบดเป็นผงผสมกับน้ำมันก็สามารถนำมาบรรเทาอาการปวดท้อง นอกจากนั้นการนำเปลือกมาเคี้ยวก็ยังสามารถแก้พิษงูกัดได้ อีกด้วย (Perry, L.M., 1981) ส่วนในประเทศเวียดนามและลาวใช้เปลือกของต้นซึ่งมีสารประกอบพวก alkaloids 2 ชนิดคือ canthine และberberine ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย (FAO, 2002) พืชชนิดนี้จึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเวียดนามอีกชนิดหนึ่ง (World Conservation Monitoring Centre, 2002) นอกจากนั้นยังพบว่าสามารถนำเปลือกต้นมาใช้ลดความผิดปกติที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วงในหนูอีกด้วย (Rahman *et al.*, 2002)

สารพฤกษเคมี (Plant constituents)

สารพฤกษเคมีเป็นสารประกอบเคมีที่ได้จากพืชสมุนไพรทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งสารเหล่านี้อยู่ภายในเซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืช มีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิด อายุ และสภาพแวดล้อมของพืช (สมพร, 2536)

การใช้ประโยชน์จากสารประกอบที่มีอยู่ในพืชนั้นสามารถนำมาดัดแปลงในรูปผลิตภัณฑ์ทางยาได้ ซึ่งต้องอาศัยขั้นตอนต่างๆ ในการตรวจเอกลักษณ์พืชสมุนไพร ประกอบกับกรรมวิธีทางจุลเคมีเพื่อพิสูจน์คุณภาพของพืชสมุนไพรตลอดจนความบริสุทธิ์ของสารเคมีนั้นๆ ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

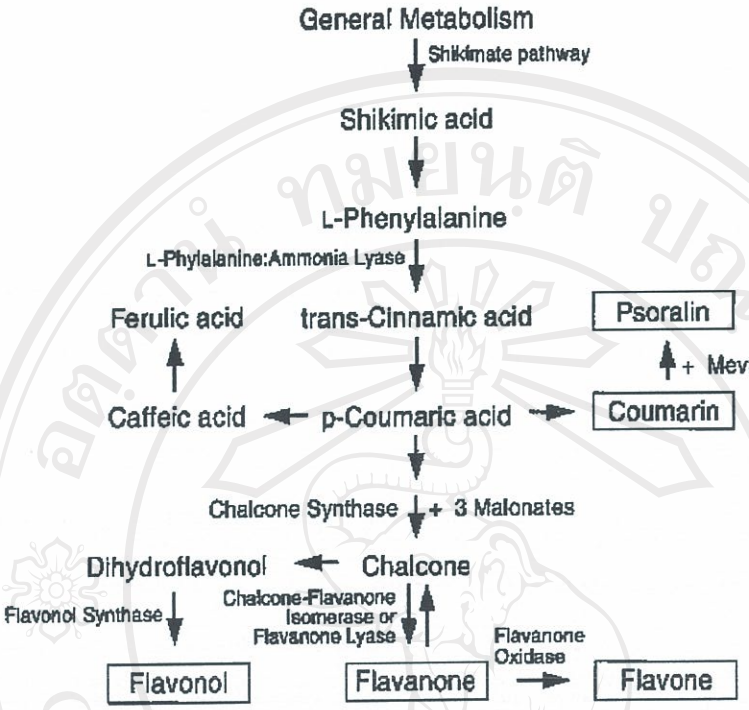
จะเห็นว่าการที่จะนำพืชที่พบว่ามีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศและยาสมุนไพรนั้นนอกจากจะต้องอาศัยความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นแล้วยังต้องมีอาศัยความร่วมมือจากสาขาวิชาอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเคมี ชีววิทยา หรือเภสัชศาสตร์ และหากจะพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมสภาพทางเศรษฐกิจภายในท้องถิ่นไปจนถึงระดับประเทศแล้ว ย่อมต้องอาศัยการศึกษาวิจัยจากสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องอีกมากมายทั้งด้านนิเวศวิทยา เกษตรศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพ เป็นต้น มาร่วมมือกัน สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับสารเคมีต่างๆ ที่พบในพืชได้มีการบันทึกไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

โชติ (2520) ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดและวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากผลกำจัดต้น (*Zanthoxylum budrunga*) พบว่ามีกลิ่นหอมติดทนนานและน่าจะมีแนวทางในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและด้านเภสัชกรรมได้

มีการสำรวจพบว่าในพืชวงศ์ Rutaceae มีสาร phenolic compounds โดยเฉพาะ flavanone flavone และ flavonol ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้ทางอาหาร ทางเคมี การศึกษาทางพันธุกรรม และการปรับปรุงพันธ์ต่อไป (Berhow, M., Tisserat,B., Kanes, K. and Vandercook, C., 1996) เช่น *Zanthoxylum armatum* ที่มีสารประกอบ alkaloids flavonoids berberine และ plant constituent ต่างๆ จากสารสกัดจากใบและ ลำต้นในเดือนกันยายน แต่ไม่พบในเดือนมิถุนายน (Sushika, J., 1999) ซึ่งอาจมีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสร้างสารประกอบต่างๆ ในพืชก็เป็นได้

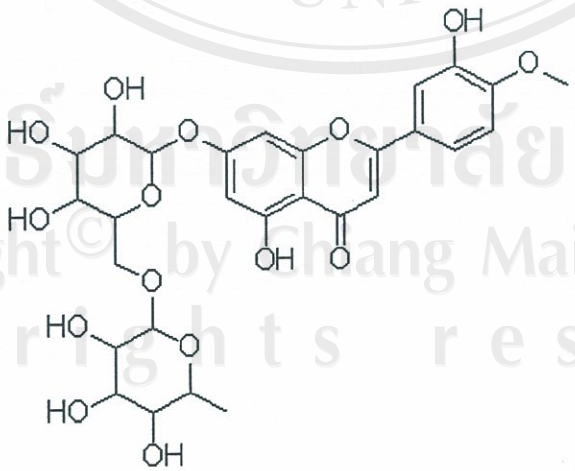
Metcalfe (1965) พบว่าในเนื้อเยื่อใบของพืชหลายสกุลในวงศ์ Rutaceae มีผลึกแบบ dendritic crystal ของสาร diosmin ซึ่งมีสูตรทางเคมีเป็น $C_{28}H_{32}O_{15}$ มวลโมเลกุลเท่ากับ 608.55 ซึ่งเป็นสารประกอบ flavonoids ชนิดหนึ่งที่พบในพืชอีกชนิดหนึ่งนอกเหนือจากที่กล่าวมาคือ Rosemarry (*Rosmarinus officinalis*) มีรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติของสาร diosmin ว่าเป็นสารที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเส้นโลหิตดำ โดยจะช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น บำรุงเส้นเลือด ลดการซึมผ่านของเส้นเลือด และต้านการสังเคราะห์ prostaglandin รักษาอาการบวมของเส้นเลือดและโรค hemorrhoids (Melissa, 1997; Diana, G., Catanzaro, M., Ferrara, A. and Ferrari, P., 2002; TTFCA, 2002; anonymous, 2002) นอกจากนั้นยังพบว่ามีการนำสารสารสกัดจากพืชที่มี diosmin และ hesperidin ไปเป็นส่วนประกอบของยาที่ช่วยส่งเสริมการไหลเวียนโลหิตบริเวณขาและส่งเสริมความแข็งแรงของเส้นเลือดที่ร่างกายสามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็วเนื่องจาก diosmin เป็น flavonoid ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก นอกจากนั้นสารสกัดดังกล่าวยังช่วยรักษาเกี่ยวกับโรคที่เกี่ยวกับระดับน้ำตาลในเลือดได้อีกด้วย (Yutsis, 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 Pathway แสดงการสร้างสารประกอบประเภท Flovonoids

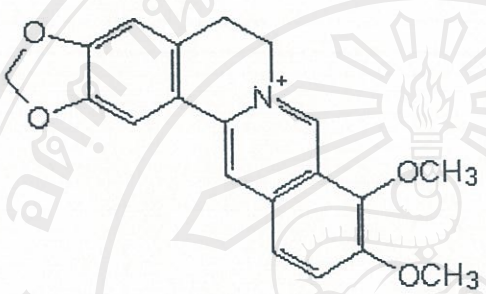
(Berhow, M., Tisserat, B., Kanes, k. and Vanderhkook, C., 1999)



ภาพ 2 โครงสร้างทางเคมีของสาร diosmin (anonymous, 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากสาร diosmin ที่พบในพืชหลายสกุลในวงศ์ Rutaceae แล้วยังมีสารอีกชนิดหนึ่งคือ berberine ซึ่งให้ผลึกเดี่ยวๆ arc shape หรือแบบ cylindrical vascular strand ในใบอีกด้วย (Mefcalfe, C.R., 1965) berberin เป็นสารประกอบ alkaloids ชนิดหนึ่งที่มีผลึกสีส้ม และมีสูตรทางเคมีเป็น $C_{20}H_{17}0O_4N \cdot 6H_2O$ (Grant, J., 1969)



ภาพ 3 โครงสร้างทางเคมีของสาร berberine (Sengbusch, P.V., 2001)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเกี่ยว essential oil ใน *Origanum vulgare* พบว่าการปลูกพืชชนิดนี้ในพื้นที่ต่างกัน ส่งผลให้องค์ประกอบและปริมาณของ essential oil ที่ต่างกันอีกด้วย (Antuono *et al.*, 2000)

การนำไปใช้เป็นประโยชน์ด้านอื่นๆ

ประโยชน์ในการใช้พืชสกุล *Zanthoxylum* นอกจากสามารถนำมาเป็นพืชเครื่องเทศและยาสมุนไพรแล้วยังพบว่า *Z. flavum* Vahl. หรือ West Indian Satinwood นั้นเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญอีกด้วย (Metcalfe 1965)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัณฐานวิทยาและการจัดจำแนก

พืชในวงศ์ Rutaceae ประกอบด้วย 83 สกุลแบ่งเป็น 650 ชนิด (Hooker, J.D., 1872) ซึ่งพืชในสกุลที่ศึกษาสามารถจัดลำดับทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Division Spermatophyta

Suborder Angiospermae

Class Dicotyledoneae

Order Sapindales

Family Rutaceae

Subfamily Rutoideae; Tribe Zanthoxyleae; Subtribe Euodinae

Genus *Zanthoxylum*

(Whitemore, T.C., 1972; Stone, B.C., 1985)

พืชในสกุล *Zanthoxylum* เป็นไม้พุ่มรอเลื้อย ไม้พุ่ม หรือไม้ยืนต้น มีกลิ่นหอม แยกเพศ แยกต้น (dioecious) พบอยู่บนต้นเดียวกันน้อยมาก (monoecious) ไม่ผลัดใบหรือผลัดใบ มีหนามแหลมหลายรูปแบบ

ใบจัดเรียงแบบสลับ (alternate) บางครั้งเป็นแบบ unifoliate, trifoliolate, imparipinnate หรือ paripinnate ยาวถึง 175 เซนติเมตร ก้านใบรูปทรงกระบอกหรือมีปีก; ใบย่อยมีถึง 15 คู่ จัดเรียงแบบตรงข้าม (opposite) หรือสลับ (alternate) มักไม่สมมาตร (irregular) อาจมีหรือไม่มีต่อมน้ำมันกระจายตัวอยู่ตามแผ่นใบหรือขอบใบ

ช่อดอกแบบ raceme หรือ cyme ออกที่ตำแหน่งซอกใบหรือปลายยอด ดอกขนาดเล็ก แยกเพศหรือสมบูรณ์เพศซึ่งจะพบน้อยมาก; perianth 6-8 กลีบรูปร่างไม่สมมาตร (irregular) เรียงตัวชั้นเดียวหรือ 2 ชั้น แบ่งเป็นกลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ และกลีบดอก 4-5 กลีบ; เกสรตัวผู้ 4-6 อันเรียงตัวชั้นเดียวตำแหน่งตรงข้ามกับกลีบเลี้ยง มี staminode หรืออาจไม่มีในดอกตัวเมีย; disc แบบ flat หรือ pulvinate; 1-5 carpels มี rudimentary ovary หรือไม่มีในดอกตัวผู้ มีรังไข่แยกกันชัดเจนหรือเชื่อมติดกันตรงกลาง ภายในแบ่งเป็น 1 ห้อง มี pendulous ovule 2 อัน style แยกกันหรือแบ่งเป็น 2 แฉก stigma แบบ capitate ดอกมีกลิ่นหอมและผสมพันธุ์โดยแมลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลมีลักษณะ 1-5 แฉกแยกกันหรือเชื่อมกันบางส่วน ภายในมี 1 เมล็ด เมื่อแห้งแตกแบบ follicles ปลายเปิดเป็น 2 ปาก ชั้นนอกของ pericarp มีต่อมน้ำมันลักษณะเป็นจุดใสๆ หรือเป็นตุ่มเนื้อแน่นหรือนิ่มสีแดง-ดำ endocarp เป็นเมือกเหนียว straw-color เมล็ดรูปไข่-กลมซึ่งมักแขวนด้วย funiculus จากบริเวณปลายเปิดของผลเมื่อผลเจริญเต็มที่ testa สีดำ-แดง เป็นเงาและแข็งเปราะ endosperm อวบน้ำ

การกระจายพันธุ์ : พืชในสกุล มีอยู่ประมาณ 200 ชนิดทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่พบในเขต tropic ส่วนในเขต temperate จะมีพืชในสกุลนี้อยู่น้อย พบในเขตเอเชียตะวันออกบ้างและมีเพียง 1 ชนิดในทวีปอเมริกาเหนือ

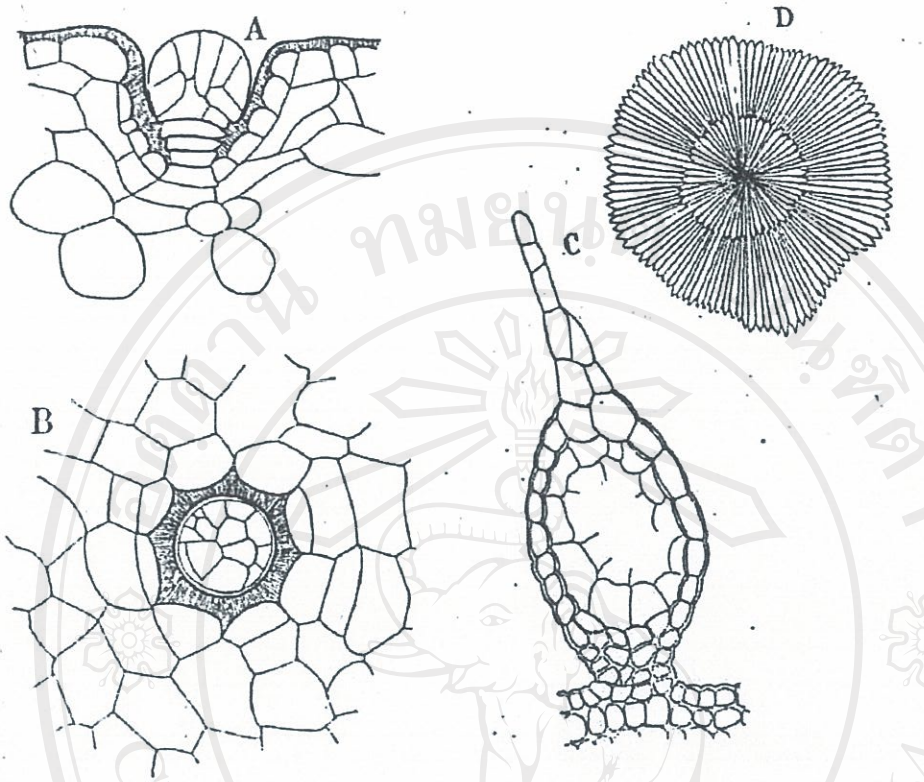
สำหรับในประเทศไทยได้มีการบันทึกว่าพบพืชในสกุล *Zanthoxylum* นี้เป็นครั้งแรก 5 ชนิดโดย Craib, W.G. *et al.*(1925-1931) ได้แก่ *Zanthoxylum acanthopodium* DC., *Z. alatum* Roxb. Hort. Beng. (*Z. armatum* DC.), *Z.budrunga* (Roxb) DC., *Z. colliasae* Craib (*Z. nitidum* (Roxb) DC.) และ *Z. rhetsa* (Roxb) DC. (*Z. limonella* (Dennst.) Alston) ต่อมา Hartley, T.G. (1966) พบอีก 1 ชนิด คือ *Z. avicennae* (Lam.) DC. หลังจากนั้นก็ได้มีการบันทึกโดย ไชมอน, พินดา และวิไลวรรณ (2543) ว่าพบ *Z. evodiaefolium* Guill ในประเทศไทย นอกจากนั้น Hartley, T.G. (2001) ก็ได้พบพืชในสกุลนี้ในประเทศไทยเพิ่มจากเดิมอีก 2 ชนิดคือ *Z. myriacanthum* Wall. ex Hook. f. (*Z. rhetsoides* Drake) และ *Z. ovalifolium* Wight ซึ่งเต็ม (2544) ได้บันทึกว่าพบพืชสกุลนี้ในประเทศไทยซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่กล่าวมาแล้วเช่นกัน ทำให้ปัจจุบันพบพืชสกุล *Zanthoxylum* ในประเทศไทยรวม 9 ชนิด

ลักษณะทางกายวิภาคของพืชวงศ์ Rutaceae

1. ลักษณะกายวิภาคทั่วไป

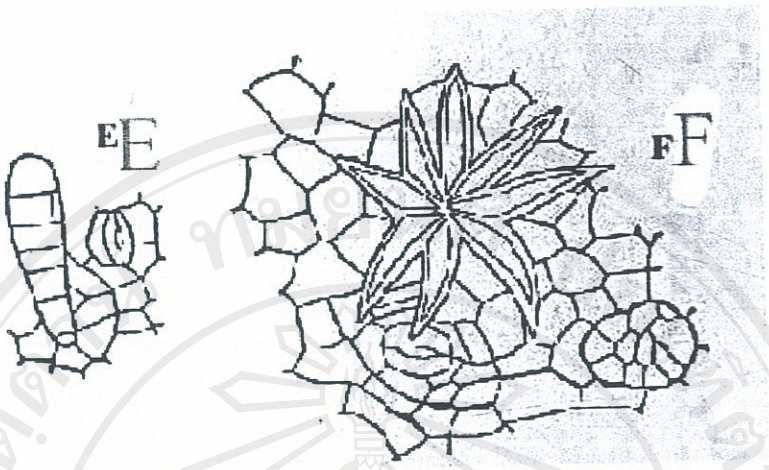
พืชวงศ์ Rutaceae เป็นพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยจึงมักพบ secretory cavities ทั่วไปบริเวณ ground tissues ต่างๆ ซึ่งบางครั้งสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะจุดโปร่งแสงที่เรียกว่า pellucid dots ในใบ นอกจากนั้นยังพบ resin cells ในชั้นของ pith, primary cortex และ rays ของลำต้นอ่อนอีกด้วย พืชในวงศ์นี้บางชนิดมีขนซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปบางครั้งมีผนังที่หนาชัดเจน มีเซลล์เดียว หรือเป็นเซลล์ที่เรียงตัวเป็นชั้นเดียวในรูปแบบ peltate, tufted, stellate และ glandular hairs ที่เกิดจากหลายเซลล์หรืออาจมีลักษณะเป็นตุ่มๆ ดังภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

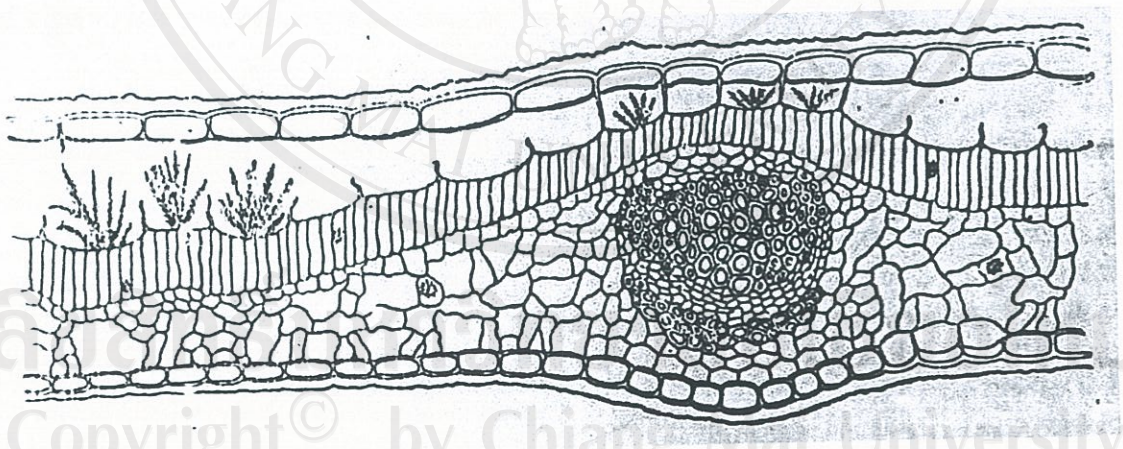


ภาพ 4 ขนในลักษณะต่างๆ ; **A-B**, Glandular hair จากใบของ *Toddalia aculeata* Pers., **A**, L.S. view, **B**, surface view. **C**, Glandular shaggy hair จากส่วนของดอก *Dictamnus albus* Linn. **D**, Peltate hair ของ *Phebalium anceps* DC. **E,** Glandular hair ที่พบในผิวใบด้านล่างของ *Cedrela toona* Roxb. และ **F,** Peltate และ Glandular hair ที่พบในผิวใบด้านล่างของ *Flindersia maculosa* (Lindl.) Benth. (Mefcalfe, C.R., 1965)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ชั้นของ epidermis ของพืชในวงศ์ Rutaceae มักประกอบด้วยเซลล์ซึ่งผนังด้านในมักเป็นเมือก (mucilaginous) ส่วนของปากใบนั้นมีหลายแบบที่พบในพืชวงศ์นี้ สำหรับผลึกของสารเคมีที่พบในพืชกลุ่มนี้มีหลายชนิด เช่น ผลึกของ calcium oxalate ที่พบมากทั้งในรูปเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่ม ซึ่งพืชบางชนิดอาจมีได้ทั้ง 2 แบบ บางครั้งพบผลึกแบบ raphides และ sand-crystal บ้าง แต่ไม่บ่อยนัก ส่วนผลึกของสาร diosmin ที่เรียกว่า dendritic crystal ก็มีการบันทึกว่าพบในหลายสกุลของพืชกลุ่มนี้



ภาพ 5 dendritic crystals ที่พบใน X.S. ของใบ *Barosma serratifolia* (Curt.) Willd. (Metcalfe, C.R., 1965)

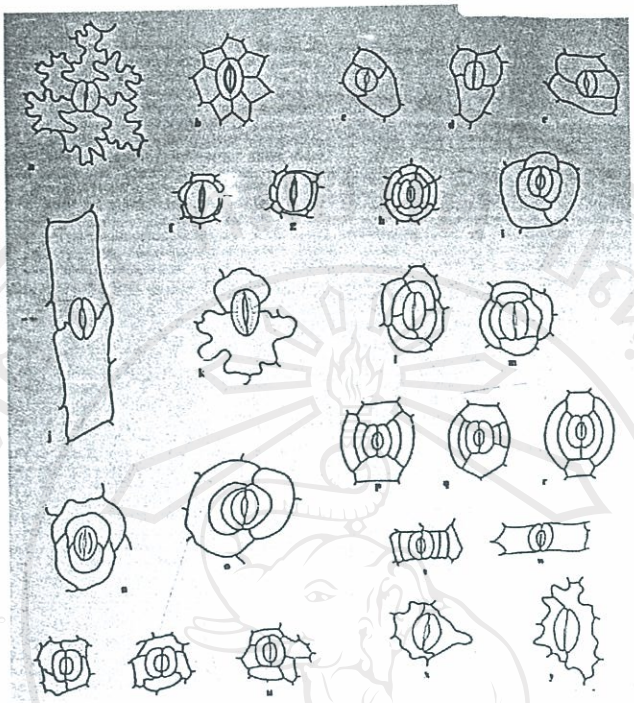
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชหลายชนิดในวงศ์ Rutaceae ที่มีลำต้นที่สามารถพัฒนาชั้นของ cork เมื่อเจริญเต็มที่ ซึ่งในบางชนิดก็จะประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีลักษณะผนังหนาและแข็งแรงมาก ส่วนชั้นของ xylem และ phloem มักจะประกอบไปด้วยเซลล์รูปร่าง cylinder ปลายปิดในลำต้นของพืชทุกชนิดในวงศ์นี้

2. กายวิภาคของใบ

ปกติใบของพืชในวงศ์ Rutaceae มีรูปร่างแบนเหมือนแผ่นกระดาษ แต่บางครั้งก็พบว่ามีลักษณะ centric ซึ่งมักจะมีขนปกคลุมทั่วไปในรูปของ secretory types ซึ่งมักจะมีผนังหนา บางครั้งก็เกิดจากเซลล์เพียงเซลล์เดียว หรือ tufted types ในพืชสกุล *Boronia* และ stellate forms ในพืชหลายชนิดในวงศ์นี้(ภาพ 4; D, E) สำหรับ external glands ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกระบองหรือทรงกลมที่ประกอบไปด้วยหลายเซลล์นั้นก็พบในพืชหลายชนิดของวงศ์นี้รวมทั้งพืชสกุล *Zanthoxylum* ด้วย (ภาพ 4; A-B) นอกจากนั้นยังพบ sessile glands ในผิวใบด้านล่างของพืชสกุล *Boronia* และ glandular shaggy hairs ในดอกของ *Dictamnus albus* Linn. อีกด้วย (ภาพ 4 ; C) ชั้น epidermis มักประกอบด้วยเซลล์ที่ผนังด้านในมีลักษณะเป็นเมือก (mucilagenous) รวมทั้งพืชสกุล *Zanthoxylum* ด้วย ปากใบ (stomata) บางครั้งพบในทั้งผิวใบด้านบนและด้านล่าง แต่ส่วนมากพบในผิวใบด้านล่างซึ่งจะล้อมรอบไปด้วย subsidiary cells ที่มีรูปร่างหลายแบบแปรผันตามชนิดพืช จำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตรของพืชในเขต tropic มักมีมากกว่า 500 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ส่วนขนาดของปากใบนั้นพบว่าขึ้นอยู่กับจำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่บ้างเล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าการลดลงของความเข้มแสงจะทำให้ความหนาแน่นของปากใบลดลงด้วย ก้านใบประกอบไปด้วยเซลล์รูปร่าง cylinder ปลายปิดเป็นส่วนใหญ่ในชั้นของ xylem และ phloem สำหรับ secretory cavities ซึ่งสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะของจุดโปร่งแสงนั้นมีหลายรูปแบบทั้ง shizogenous และ lysigenous ส่วนมากพบในชั้นของ mesophyll นอกจากนั้นยังพบ resin cells ใน *Cneoridium* ส่วน idioblasts พบในเนื้อไม้ของ *Geijera parviflora* Lindl. ผลึกของสารทั่วไปพบแบบเดี่ยวๆ แต่จะเป็นกลุ่มซึ่งเป็นลักษณะที่เฉพาะต่อสกุลของพืชในวงศ์นี้ เช่น ผลึกแบบ raphides หรือ styroids พบในพืชสกุล *Erythrochiton, Monnieria, Raputia* และ *Rauia* ในขณะที่ผลึกที่เรียกว่า crystal-sand พบในพืชสกุล *Cusparia* และ *Orixa* ส่วนสาร hesperidin (diosmin) ซึ่งมักจะพบในรูปของผลึกแบบ dendritic crystals ที่ละลายน้ำและให้สีเหลืองของ caustic potash พบในชั้น epidermis ของพืชสกุล *Agathosma, Barosma* (ภาพ 5) และพืชในสกุลอื่นๆ รวมทั้ง *Zanthoxylum* อีกด้วย (Metcalfe, C.R., 1965)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 6 ปากใบรูปแบบต่างๆ (Metcalf, C.R. and Chalk, L., 1979)

กายวิภาคของลำต้นอ่อน

ลำต้นอ่อนของพืชในวงศ์ Rutaceae มักพบขนในรูปแบบต่างๆ ซึ่งนอกจากจะพบขนแบบ unicellular ที่มีผนังหนาในสกุล *Zanthoxylum* และสกุลอื่นๆ แล้วยังพบขนแบบ uniseriate, stellate และ glandular ในพืชวงศ์นี้อีกด้วย เมื่อลำต้นอ่อนเจริญเต็มที่จะพบชั้นของ cork ในพืชหลายสกุลรวมทั้ง *Zanthoxylum* สำหรับ pericycle นั้นมักประกอบด้วย strand หรือ band ของ sclerenchyma ทั้งในสกุล *Zanthoxylum* และอีกหลายสกุล ซึ่งลักษณะของ pericyclic sclerenchyma มักไม่ค่อยสร้างเป็นวงต่อเนื่องกัน ยกเว้นพืชบางชนิดในสกุลดังกล่าว ชั้นของ phloem และ xylem พบว่าประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่าง cylinder ปลายปิด ซึ่ง vessel ในชั้นของ xylem นั้นพบว่ามีการจัดเรียงแถวเป็นเป็นลักษณะวงกลมในพืชหลายชนิด แต่บางชนิดกลับพบว่ามีการจัดเรียงของ vessel ในรูปแบบดังกล่าวน้อยเช่นในสกุล *Zanthoxylum* เป็นต้น นอกจากนั้นในชั้น pith ของลำต้นพบได้ 2 แบบคือ แบบ homogenous ซึ่งหมายถึงประกอบไปด้วยเซลล์แบบเดียวกันทั้งหมดและ pith แบบheterogenous ซึ่งหมายถึงมีเซลล์มากกว่า 1 แบบในชั้น ซึ่งพืชในสกุล *Zanthoxylum* จัดอยู่ในแบบแรก ลำต้นของพืชในวงศ์ Rutaceae

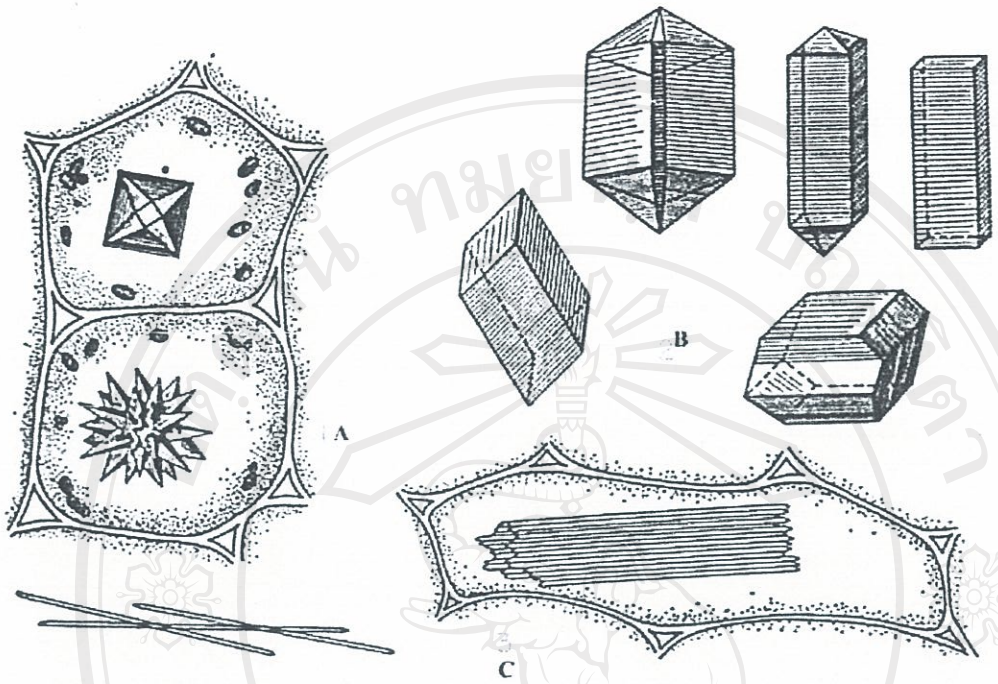
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มักมี secretory glands ที่มีขนาดใหญ่และชัดเจนซึ่งภายในบรรจุน้ำมัน หรือ resin และพบบ่อยในเซลล์ parenchyma โดยเฉพาะในชั้น cortex บางครั้งพบว่ามีส่วน secretory cells อยู่ด้วย เช่นพืชในสกุล *Zanthoxylum* ซึ่งมักพบในเนื้อเยื่อชั้น cortex ด้านในหรือบริเวณของ phloem ส่วน intersellular secretory spaces นั้นพบในพืชสกุล *Evodia* และ secretory canals พบในพืชสกุล *Clausena* เป็นต้น สำหรับลักษณะผลึกของสารที่พบในลำต้นนั้นพบว่ามีมากในชั้นของ cortex และ pith บางครั้งพบใน บริเวณ phloem อีกด้วย เช่น พืชในสกุล *Zanthoxylum* ซึ่งผลึกเหล่านั้นอาจอยู่เดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มใน ลักษณะของ raphides หรือ styroids นอกจากนั้นก็ยังมี crystal-sand ในพืชสกุล *Cusparia* และ dendritic crystals ของสาร diosmin ในพืชหลายชนิดในสกุล Rutaceae นี้อีกด้วย (Metcalfe, C.R., 1965)

การศึกษาด้านกายวิภาคสามารถนำไปประกอบเป็นข้อมูลในการศึกษาพืชในแง่มุมต่างๆ ได้มากมาย เช่น ศิรินทร (2538) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ลักษณะทางกายวิภาคของสมอ (*Terminalia* spp.) พบว่าปากใบและลักษณะของชั้นเนื้อเยื่อสามารถนำมาเป็นดรรชนีบ่งชี้ชนิดได้ นอกจากนั้นยังได้มีการ บันทึกไว้ว่าลักษณะของผลึกต่างๆ ที่พบในผิวชั้นในของ bark สามารถช่วยในการแยก *Zanthoxylum americanum*Mill. จาก *Z. clava-herculis* Linn. ได้ (Metcalfe, C.R., 1965)

ต่อมา Denis (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับจำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่และขนาดของปากใบของ พืชสกุล *Eucalyptus* พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับตำแหน่งใบที่อยู่บนต้น และ Wise *et al.* (2000) ยังได้ ศึกษากายวิภาคเปรียบเทียบกันในใบของพืชสกุล *Gossypium* พบว่าความแตกต่างทางกายวิภาคและสรี รวิทยาอาจจำกัดศักยภาพผลผลิตของ *G. barbadense* ในสิ่งแวดล้อมที่คงที่อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 7 ผลึกชนิดต่างๆ ; A, เซลล์ parenchyma ของก้านใบ *Bergonia*, เซลล์ด้านบนแสดงผลึกแบบ Prism และผลึกในเซลล์ด้านล่างคือ Druse (Compound rosette) และ B, รูปแบบต่างๆ ของผลึกแบบ Prism C, Raphide (Fahn, A., 1977)

ความผันแปรทางสายพันธุ์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ต่างๆ ของพืชสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อมภายนอกและภายในพืชนั้นๆ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงเพื่อนำไปสู่พืชในสายพันธุ์ใหม่ๆได้ ดังมีการศึกษาเพื่อหาคำตอบในแง่มุมต่างกันไป เช่น Dickinson (1996) ศึกษาพบว่าพืชสกุล *Crataegus* sect. *Douglasii* Loudon ซึ่งมีความผันแปรของจำนวนเกสรตัวผู้นั้นเกี่ยวข้องมาจากความหลากหลายของลักษณะการกระจายพันธุ์ วงจรชีวิต รูปร่างของใบ และสัณฐานวิทยาของดอก และ Silva *et al.* (2000) ศึกษาเกี่ยวกับต้นแอปเปิ้ล พบว่าการได้รับแสงของเรือนยอดต้นมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักผล เป็นต้น

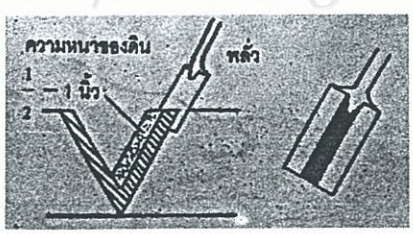
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการศึกษา

ศึกษาข้อมูลขั้นต้นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของพืชในสกุล ***Zanthoxylum*** และเลือกพืชชนิดที่น่าสนใจที่มีแนวทางในการสนับสนุนให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต และวางแผนออกสำรวจรวมถึงเก็บข้อมูลจากแหล่งที่พบพืชที่จะศึกษาโดยเลือกพื้นที่ต่างๆ ในภาคเหนือตอนบนบางจังหวัดโดยแบ่งวิธีการวิจัยเป็น 2 ภาคคือ

ภาคสนาม

1. สอบถามวิธีการนำพืชแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศจากชาวบ้าน
2. ศึกษาการปลูกในแต่ละแหล่งว่าเป็นการปลูกเพื่อขายหรือขึ้นเองตามธรรมชาติ รวมทั้งวิธีการขยายพันธุ์ โดยการสอบถามจากเจ้าของพื้นที่หรือผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับแหล่งเจริญของพืชที่ศึกษา
3. บันทึกภาพ ต้น ใบ ดอก ผล และส่วนที่นำมาใช้ของพืชที่ศึกษา
4. เก็บตัวอย่างใบ ดอก ผล และส่วนที่จำเป็นในการจัดลำดับอนุกรมวิธานเพื่อนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ
5. บันทึกระยะเวลาของการออกดอก และผล
6. บันทึกสภาพทางนิเวศวิทยาในแต่ละแหล่งพื้นที่ที่ศึกษา ได้แก่
   - 6.1 **สภาพดิน** ซึ่งนอกจากบันทึกลักษณะทางกายภาพของดินจากในพื้นที่แล้วยังเก็บตัวอย่างดินโดยสุ่มจากบริเวณโคนต้น ต้นละ 3 หลุม ขุดเป็นรูปตัว V ลึก 6 นิ้วจากผิวดิน เอาดินในในหลุมออกให้หมดแล้วใช้พลั่วหรือจอบเฉือนด้านข้างของหลุมห่างจากขอบหลุม 0.5-1 นิ้ว งัดดินขึ้นมา และแบ่งดินที่ติดกับพลั่วเป็น 3 ส่วนตามความยาว เก็บเอาเฉพาะส่วนตรงกลางเพื่อนำมาตรวจธาตุอาหาร โดยอาศัยความร่วมมือจากภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ภาพ 8 การสุ่มตัวอย่างดิน (ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.2 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางโดยใช้ altimeter

6.3 บันทึกลักษณะของพื้นที่เก็บตัวอย่าง

ภาคปฏิบัติการ

1. นำตัวอย่างที่เก็บมาศึกษา เขียนบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยา และวาดรูปลายเส้นแสดงรายละเอียด
2. ตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์โดยเอกสารรูปวิธานเพื่อหาชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง
3. นำตัวอย่างพืชไปอบแห้ง หรือดองด้วย 70% ethyl alcohol ตามความเหมาะสม และเก็บไว้ในภาชนะ เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งต่อๆ ไป
4. ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคดังนี้

4.1 ตรวจสอบผิวใบเพื่อหาค่า stomatal number และ stomatal index

4.2 วัดความหนาของเปลือกผลชั้นที่มีต่อมน้ำมัน

4.3 ทำสไลด์ถาวรของลำต้นส่วนยอด และผล ของทุกตัวอย่าง แล้วเปรียบเทียบลักษณะ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ทั้งด้านพฤกษศาสตร์ และนิเวศวิทยาที่บันทึกไว้ระหว่างพืชชนิดเดียวกัน แต่อยู่ต่างพื้นที่กัน

สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ก. พื้นที่ภายในเขตภาคเหนือตอนบนที่ใช้ในการสำรวจ ได้แก่

- สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
- อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูงประมาณ 1,530 เมตรจากระดับน้ำทะเล
- บ้านแม่แฮใต้ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่
- บ้านผาเด็ง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
- บ้านเมี่ยง ตำบลปางริมกรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
- บ้านดอกบัว ตำบลตุ่น อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
- บ้านเต๋ย อุทยานแห่งชาติดอยภูคา อำเภอปัว จังหวัดน่าน

ข. ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษา

ลักษณะโดยทั่วไปของพืชในสกุล *Zanthoxylum* วงศ์ Rutaceae ทั้ง 4 ชนิดที่ศึกษาพบว่าเป็นไม้ยืนต้น หรือไม้พุ่ม ลำต้นมีหนาม ใบประกอบแบบขนนก ดอกแยกเพศออกเป็นช่อแบบ panicle หรือ raceme บริเวณปลายยอด หรือซอกใบ ผลเดี่ยวหรือกลุ่มชนิด follicle เมื่อสุกมีสีส้ม-แดง เมล็ดสีดำมัน มีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศ และยา

จากการตรวจสอบด้วยเอกสารทางพฤกษอนุกรมวิธานสามารถจำแนกได้เป็น 4 species คือ

1. มะข่วง (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.)
2. มะแขว่น (*Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.)
3. มะมาด (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)
4. ห่อเจียว (*Zanthoxylum armatum* DC.)

รูปวิธานแยกชนิด

(ดัดแปลงจาก Hartley, T.G. 1966)

1 ไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก กิ่งมีหนามรูปร่างแบน (flat) และคล้ายหูใบ (stipule) ก้านใบมีปีกชัดเจนโดยหนาได้มากถึง 6 มิลลิเมตรจากก้านใบแต่ละด้าน ใบประกอบแบบ pinnate หรือ trifoliolate perianth เรียงตัวเป็นชั้นเดียว จำนวน 6-8 กลีบซึ่งมีลักษณะคล้ายกันทุกกลีบ.....2

2 เส้นกลางใบชัดเจนจำนวน 10-28 เส้นในแต่ละซีกของใบ ช่อดอกขนาดเล็กออกที่ตำแหน่งซอกใบ ยาว 0.5-2 เซนติเมตร อับละอองเรณูสีแดง-ม่วงก่อนถึงระยะดอกบานพร้อมผสมพันธุ์ ชั้น gynoecium มี 1-4 carpels.....

1. *Z. acanthopodium*

2′ เส้นกลางใบของใบไม่เด่นชัด มี 7-15 เส้นในแต่ละซีกของใบ ช่อดอกขนาดเล็กออกที่ตำแหน่งปลายกิ่ง บางครั้งพบว่าออกที่ตำแหน่งซอกใบ อับละอองเรณูสีเหลืองก่อนถึงระยะดอกบานพร้อมผสมพันธุ์ ชั้น gynoecium มี 1-3 carpels.....

2. Z. armatum

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1′ ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่สูง 15-30 เมตร ลำต้นมีหนามรูปทรงกระบอก ส่วนกิ่งอาจมีหนามหรือไม่มี ด้านในกิ่งกลวง ใบเป็นใบประกอบแบบ pinnate ใบย่อยไม่มีปีก perianth มี 2 ชั้นประกอบด้วย กลีบเลี้ยงและกลีบดอกที่ต่างกันชัดเจน ชั้นละ 4-5 กลีบ.....3.

3 ดอกออกเป็นช่อแบบ cyme ที่ตำแหน่งปลายยอด perianth และชั้นของ androecium มี ชั้นละ 5 มี 3-5 carpels.....

3. *Z. myriacanthum*

3′ ดอกออกเป็นช่อแบบ panicle ที่ตำแหน่งปลายยอด perianth และชั้นของ androecium มี ชั้นละ 4 gynoecium มี 1 carpel.....

4. *Z. rhetsa*

ผลการศึกษาด้านสัณฐานวิทยา

มะข่วง *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.

Hooker, Fl. Brit. Ind. 1: 495.1872; Craib, *et al.* Fl. Siam. Enumeratio. 219. 1925-1931; Hartley, J.A.A.51: 424.1970; Stone, Tree Fl. Malaya.1: 386. 1972; Dassanayake, Fl. Ceylon.5: 475. 1985; Kerr, 5473: SN206876: 4147; Maxwell, 74-754: SN206877: 52101; Kerr, 18973: SN206878: 4143; Prayad, 581: SN206879: 39427; Maxwell,74-267: SN206880: 50805; Put, 2750: SN206881: 1659; Vacharee, 558: SN206886: 59743.

Z. limonella (Dennst.) Alston Hartley, J.A.A.51: 424.1970. C.B., 475: BKF35819; Niyomdham, 5012: SN103197: BKF111850.

ไม้ยืนต้นสูง 15-30 เมตร ดอกแยกเพศออกแยกต้นกัน (dioecious) ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปกรวยแหลม ภายในกิ่งลักษณะเป็นโพรง ใบประกอบแบบขนนก (pinnate) ยาว 6-60 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยใบย่อย 6-35 ใบ เรียงแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปร่าง ovate-elliptic ขนาดกว้าง 2-5 เซนติเมตร ยาว 7-13 เซนติเมตร ฐานใบรูปร่าง oblique-cuneate เส้นใบหลัก 6-17 เส้นในแต่ละซีกนับจากเส้นกลางใบ ขอบใบ entire ปลายใบ cuspidate ก้านใบย่อยยาว 2-7 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกออกเป็นช่อแบบ panicle ที่ตำแหน่งปลายยอด ช่อดอกยาว 12-18 เซนติเมตร

ดอกตัวผู้ : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 4-5 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงสีเขียว 4 กลีบติดกันที่ฐาน แต่ละกลีบยาว 0.33-0.8 มิลลิเมตร กลีบดอกสีขาว 4 กลีบเรียงแบบสลับกับกลีบเลี้ยง รูปร่าง elliptic แต่ละกลีบยาว 1.4-2.4 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ 4 (3) อัน ยาว 1.87-3.6 มิลลิเมตร ที่ฐานมี disc แบบ pulvinate รูปร่าง irregular lobe มี rudimentary carpel สูง 0.8-1.2 มิลลิเมตร

ดอกตัวเมีย : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 6-7 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงและกลีบดอกลักษณะเหมือนในดอกตัวผู้ มี staminode 2-5 อัน disc แบบ pulvinate รังไข่ประกอบไปด้วย 1 carpel สูง 1.8-2.3 มิลลิเมตร style สั้น stigma แบบ capitate ภายใน carpel แบ่งเป็น 1 locule มี ovule 2 อัน ติดแบบ marginal placentation

ผล : ผลเดี่ยวแบบแห้งแตกได้ชนิด follicle เมื่อแก่สีแดง รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.6-9.34 มิลลิเมตร

ระยะเวลาการออกดอก : เมษายน

ระยะเวลาติดผล : เมษายน-สิงหาคม

สถานที่ศึกษา : เชียงราย พะเยา

ความสูงจากระดับน้ำทะเล : 400-500 เมตร

การใช้ประโยชน์ : ผล ประกอบอาหาร เช่น แกง ลาบ ยำ แกงอ่อม ตำกุ้ง รับประทานสดกับยำหน่อ

หมายเหตุ : ปลูกไว้ใช้เอง ค้าขายเล็กน้อย

มะแขว่น *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.

Hooker, Fl. Brit. Ind. 1: 496. 1872; Hartley, J.A.A.. 47: 185. 1966; Stone, Tree Fl. Malaya.1 : 386. 1972.

ไม้ยืนต้นสูง 10-20 เมตร ดอกแยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน มีบ้างที่ออกแยกต้นกัน (monoecious หรือ dioecious) ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปกรวยแหลม ภายในกิ่งลักษณะเป็นโพรง ใบประกอบแบบขนนก (even-odd pinnate) ยาว 12-54 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยใบย่อย 6-17 ใบ เรียงแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปร่าง ovate-elliptic ขนาดกว้าง 4.3-8.8 เซนติเมตร ยาว 9.5-21.2 เซนติเมตร ผิวใบด้านล่างมีขนสีน้ำตาล ฐานใบรูปร่าง oblique-obtuse เส้นใบหลัก 6-20 เส้นในแต่ละซีกนับจากเส้นกลางใบ ขอบใบ serrulate ปลายใบ acute-acuminate ก้านใบย่อยยาว 0.5-8 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกออกเป็นช่อแบบ cyme ที่ตำแหน่งปลายยอด ช่อดอกยาว 25-43 เซนติเมตร

ดอกตัวผู้ : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.8-4 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงสีเขียว 5 กลีบติดกันที่ฐาน แต่ละกลีบยาว 0.6-1.33 มิลลิเมตร กลีบดอกสีขาว-เหลืองอ่อน 5 กลีบเรียงแบบสลับกับกลีบเลี้ยง รูปร่าง elliptic แต่ละกลีบยาว 1.7-3.53 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ 5 อัน ยาว 1.93-4.8 มิลลิเมตร ที่ฐานมี disc รูปร่าง flat rudimentary carpel 3-4 อัน สูง 0.73-1.67 มิลลิเมตร

ดอกตัวเมีย : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 3.47-6.13 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงและกลีบดอกลักษณะเหมือนในดอกตัวผู้ มี staminode 0-5 อัน disc รูปร่าง flat รังไข่ประกอบไปด้วย 3-4 carpel สูง 1.67-2.93 มิลลิเมตร style สั้น stigma แบบ capitate ภายใน carpel แบ่งเป็น 1 locule มี ovule 2 อันติดแบบ marginal placentation

ผล : ผลกลุ่มแบบแห้งแตกได้ชนิด follicle 3-4 lobe เมื่อแก่สีเหลือง-แดง รูปร่าง subglobose เส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 มิลลิเมตร

ระยะเวลาการออกดอก : กรกฎาคม-กันยายน

ระยะเวลาติดผล : สิงหาคม-พฤศจิกายน

สถานที่ศึกษา : เชียงใหม่ น่าน

ความสูงจากระดับน้ำทะเล : 920-1200 เมตร

การใช้ประโยชน์ : ผล ประกอบอาหาร เช่น แกง ลาบ

หมายเหตุ : ทำเป็นการค้า

มะมาด *Zanthoxylum acanthopodium* DC.

Hooker, Fl. Brit. Ind. 1: 493. 1872; Kurz, Forest Fl. Brit. Burma.1 : 181. 1877; Craib *et al.*, Fl. Siam. Enumeratio. 218. 1925-1931; Hartley, J.A.A.. 47: 209. 1966; Stone, Tree Fl. Malaya.1 : 386. 1972; Zhengyi, Fl. Yun. 6: 697. 1995; Maxwell, 94-775: SN055989: BKF98247; Santisuk: SN055990: BKF70749; Maxwell, 88-1314: SN055991: BKF94206; Maxwell, 95-1143: SN090458: BKF10-2-3-44; Maxwell, 96-1523: SN111857: BKF117095; Put, 3442: SN206859: 4136; Kerr, 65-514: SN206861: 4148; Sadakorn, 299: SN206862: 50195.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม้พุ่มสูง 1.5-3 เมตร ดอกแยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน มีบ้างที่ออกแยกต้นกัน (monoecious หรือ dioecious) ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปร่างแบน ใบประกอบแบบ trifoliolate หรือแบบขนนก (odd pinnate) ยาว 7.4-21.2 เซนติเมตร ก้านใบยาว 1.5-4.2 มิลลิเมตรประกอบไปด้วยใบย่อย 4-9 ใบ เรียงแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปร่าง elliptic ขนาดกว้าง 2-4.5 เซนติเมตร ยาว 6.5-14 เซนติเมตร ฐานใบ cuneate เส้นใบหลัก 4-25 เส้นในแต่ละซีกนับจากเส้นกลางใบ ขอบใบ serrulate ปลายใบ acuminate ก้านใบย่อยสั้นมาก มีปีกแต่ละด้านกว้าง 0.5-2 มิลลิเมตร

ดอกออกเป็นช่อแบบ panicle ที่ตำแหน่งซอกใบ ช่อดอกยาว 0.5-1 เซนติเมตร

ดอกตัวผู้ : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.27-5.8 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยง1 ชั้นสีเขียวติดกันที่ฐานปลายแยกเป็น 6-9 แฉก รูปร่าง elliptic-ligulate สูง 0.87-3.87 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ 4-8 อัน ยาว 1.13-5.07 มิลลิเมตร อับละอองเรณูสีแดงเมื่อยังแก่ไม่เต็มที่ ที่ฐานมี disc แบบ pulvinate rudimentary carpel 1-4 อัน สูง 2.27-5.8 มิลลิเมตร

ดอกตัวเมีย : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.27-5.8 มิลลิเมตร ชั้นกลีบเลี้ยงมีลักษณะเหมือนในดอกตัวผู้ ไม่มี staminode มี disc แบบ pulvinate รังไข่ประกอบไปด้วย 3-4 carpel มีขนปกคลุม สูง 0.6-1.8 มิลลิเมตร style สั้น stigma แบบ capitate ภายใน carpel แบ่งเป็น 1 locule มี ovule 2-4 อันติดแบบ marginal placentation

ผล : ผลกลุ่มแบบแห้งแตกได้ชนิด follicle 1-4 lobe เมื่อแก่สีส้ม-แดง รูปร่าง subglobose เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.96-4.94 มิลลิเมตร

ระยะเวลาการออกดอก : พฤศจิกายน-มกราคม

ระยะเวลาติดผล : มกราคม-พฤศจิกายน

สถานที่ศึกษา : บ้านปางม้า ดอยอ่างขาง และดอยอินทนนท์ (เชียงใหม่)

ความสูงจากระดับน้ำทะเล : 1200-1530 เมตร

การใช้ประโยชน์ : ใบ ประกอบอาหาร เช่น ลาบ

หมายเหตุ : ไม่ทำการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห่อเจียว (บะก๊ะ) ***Zanthoxylum armatum*** **DC.**

Hartley, J.A.A. 47: 211. 1966; Zhengyi, Fl. Yun. 6: 695. 1995; Murata *et al.*, 163: SN056004: BKF357551.

ไม้พุ่ม หรือไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูงประมาณ 3 เมตร ดอกแยกเพศออกแยกต้น (dioecious) ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปร่างแบน ใบประกอบแบบ trifoliolate หรือแบบขนนก (odd pinnate) ยาว 9.8-22 เซนติเมตร ก้านใบยาว 2.4-5 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยใบย่อย 4-9 ใบ เรียงแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปร่าง elliptic ขนาดกว้าง 2-3.85 เซนติเมตร ยาว 7-14.5 เซนติเมตร ฐานใบ oblique-cuneate เส้นใบหลัก 5-14 เส้นในแต่ละซีกนับจากเส้นกลางใบ ขอบใบ serrulate ปลายใบ acuminate ก้านใบย่อยสั้นมาก มีปีกแต่ละด้านกว้าง 2-4.5 มิลลิเมตร

ดอกออกเป็นช่อแบบ panicle ที่ตำแหน่งปลายยอด ช่อดอกยาว 4-10 เซนติเมตร

ดอกตัวเมีย : เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 1.6-4.17 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยง 1 ชั้นสีเขียวปลายสีแดงติดกันที่ฐานปลายแยกเป็น 4-8 แฉก รูปร่าง elliptic-ligulate สูง 0.53-1.4 มิลลิเมตร ไม่มี staminode มี disc แบบ pulvinate รังไข่ประกอบไปด้วย 1-3 carpel สูง 1.27-2.63 มิลลิเมตร style สั้น stigma แบบ capitate ภายใน carpel แบ่งเป็น 1 locule มี ovule 2 อันติดแบบ marginal placentation

ผล : ผลกลุ่มแบบแห้งแตกได้ชนิด follicle 1-3 lobe เมื่อแก่สีส้ม-แดง รูปร่าง subglobose เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5-6.5 มิลลิเมตร

ระยะเวลาการออกดอก : เมษายน-กันยายน

ระยะเวลาติดผล : เมษายน-มกราคม

สถานที่ศึกษา : สถานีเกษตรหลวงดอยอ่างขาง และบ้านแม่แฮใต้ อ.แม่แจ่ม (เชียงใหม่)

ความสูงจากระดับน้ำทะเล : 1100-1400 เมตร

การใช้ประโยชน์ : ผล ประกอบอาหาร เช่น ลาบ แกงเนื้อ ผลและใบ ต้มเอาน้ำมาดื่มแก้ปวดฟัน

หมายเหตุ : ไม่ทำการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างพืชในสกุล *Zanthoxylum* 4 ชนิดที่ศึกษา

ชื่อท้องถิ่น	habit	ความสูงต้น (เมตร)	ความยาวใบ (ซม.)	จำนวนใบย่อย	ดอกตัวผู้				ดอกตัวเมีย			
					จำนวนกลีบเลี้ยง	จำนวนกลีบดอก	จำนวนเกสรตัวผู้	rudimentary ovary	จำนวนกลีบเลี้ยง	จำนวนกลีบดอก	จำนวน carpel	จำนวน staminode
มะมาด (1)	ไม้พุ่ม	1.5-3	7-22	4-9	6-9	0	4-8	ไม่พบ	6-9	0	2-4	0
ห่อเจียว (2)	ไม้พุ่ม-ไม้ยืนต้นขนาดเล็ก	3	10-22	4-9	-	-	-	-	4-8	0	1-3	0
มะแขว่น (3)	ไม้ยืนต้น	10-20	12-54	6-17	5	5	5	พบ	5	5	3-4	0-5
มะข่วง (4)	ไม้ยืนต้น	15-30	6-60	6-35	4	4	4(3)	พบ	4	4	1	2-4

(1) *Zanthoxylum acanthopodium* DC.

(2) *Zanthoxylum armatum* DC. (ไม่พบดอกตัวผู้).

(3) *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f

(4) *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7; (ต่อ)

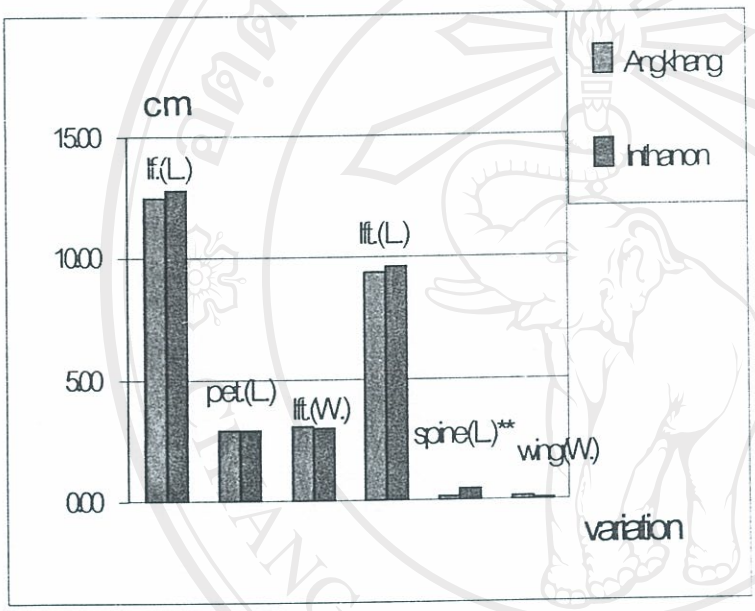
ชื่อท้องถิ่น	รูปร่างผล (จำนวน lobe)	เส้นผ่า ศก. ผลย่อย (มม.)	เวลาออกดอก	เวลาติดผล	altitude (เมตร)	การใช้ประโยชน์	หมายเหตุ
มะมาด (1)	1-4	3-5	พ.ย.-ม.ค.	ม.ค.-พ.ย.	1200-1530	ใบ ประกอบอาหาร เช่น ลาบ	ไม่ทำการค้า
ห่อเจียว (2)	1-3	3.5-6.5	เม.ย.-ก.ย.	เม.ย.-ม.ค.	1100-1400	ผล ประกอบอาหาร เช่น ลาบ แกง เนื้อ ผล และใบ ต้มเอาน้ำมาดื่มแก้ปวดฟัน	ไม่ทำการค้า
มะแขว่น (3)	3-4	3-4	ก.ค.-ก.ย.	ส.ค.-พ.ย.	920-1200	ผล ประกอบอาหาร เช่น ลาบ แกง	ทำเป็นการค้า
มะข่วง (4)	1	6.6-9.34	เม.ย.	เม.ย.-สค.	400-500	ผล ประกอบอาหาร เช่น แกง ลาบ ยำ แกงอ่อม ตำกุ้ง ทานสดกับยำหน่อ	ปลูกไว้กินเองและค้าขายเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาแสดงความแตกต่างของขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของพืชเครื่องเทศสกุล *Zanthoxylum* ที่ศึกษาทั้ง 4 ชนิด

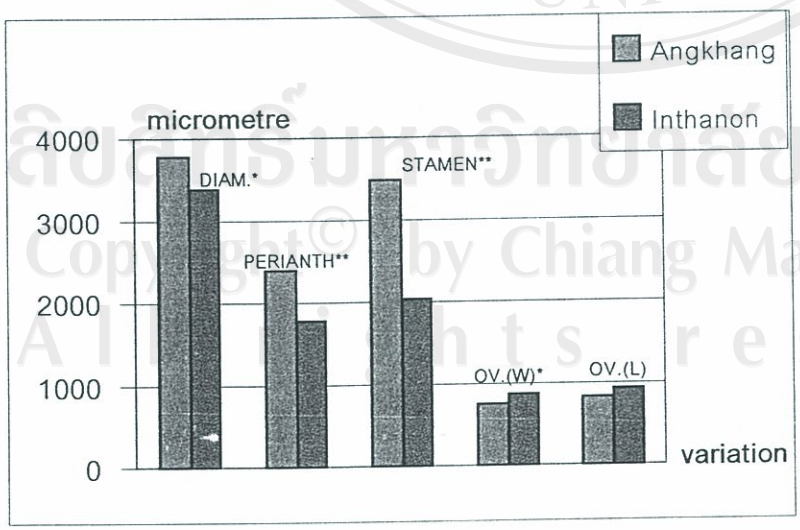
1. *Zanthoxylum acanthopodium* DC. ; ดอยอ่างขาง และดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

แผนภูมิที่ 1 ขนาดของส่วนประกอบใบ *Zanthoxylum acanthopodium* DC.



lf.(L.) = ความยาวใบ
pet.(L.) = ความยาวก้านใบ
lft.(W.) = ความกว้างใบย่อย
lft.(L.) = ความยาวใบย่อย
spine (L.) = ความยาวหนามบนใบ
wing(W.) = ความกว้างปีก
* มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 95 %
** มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 99 %

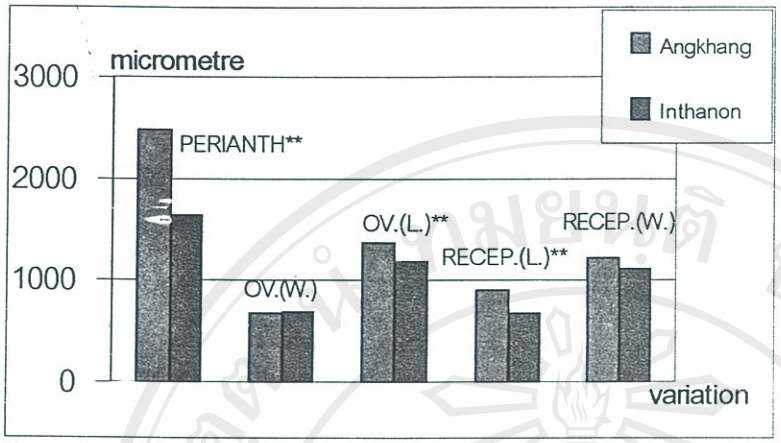
แผนภูมิที่ 2 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวผู้ *Zanthoxylum acanthopodium* DC.



DIAM. = เส้นผ่านศูนย์กลางดอก
PERIANTH = ความสูงชั้นกลีบเลี้ยง
STAMEN = ความยาวเกสรตัวผู้
OV. (W.) = ความกว้างรังไข่
OV. (L.) = ความยาวรังไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนภูมิที่ 3; ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวเมีย *Zanthoxylum acanthopodium* DC.



RECEP.(W.) = ความกว้างฐานรองดอก

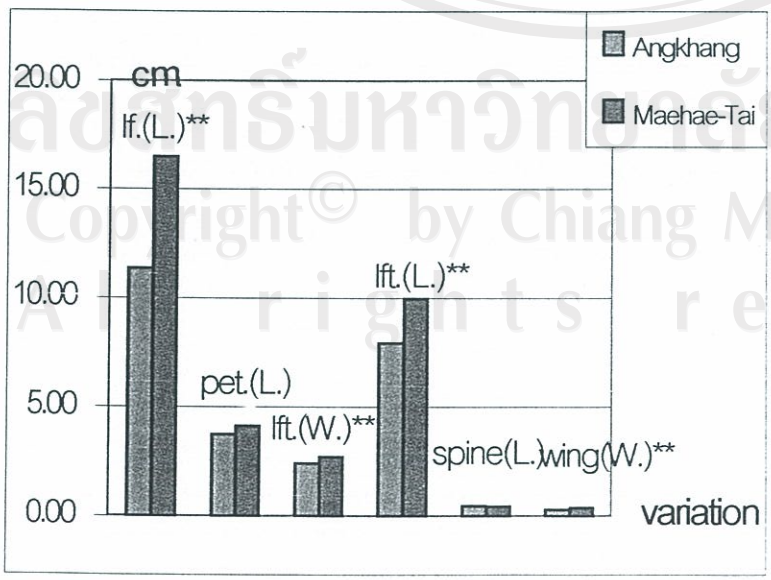
RECEP.(L.) = ความยาวฐานรองดอก

ตารางที่ 2 ขนาดของผล *Zanthoxylum acanthopodium* DC.

	fr. (W.) ** (mm.)	fr. (L.)** (mm.)	fr. ratio ** (L./W.)	lobe number	oil layer thickness ** (micrometre)	oil gland no. /piece
Angkhang	3.91	4.82	1.24	2	522.93	9
Inthanon	3.50	3.76	1.08	2	480.27	8

2. *Zanthoxylum armatum* DC. ; ดอยอ่างขาง และบ้านแม่แฮใต้ จังหวัดเชียงใหม่

แผนภูมิที่ 4 ขนาดของส่วนประกอบใบ *Zanthoxylum armatum* DC.



lf.(L.) = ความยาวใบ

pet.(L.) = ความยาวก้านใบ

lft.(W.) = ความกว้างใบย่อย

lft.(L.) = ความยาวใบย่อย

spine (L.) = ความยาวหนามบนใบ

wing(W.) = ความกว้างปีก

* มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 95 %

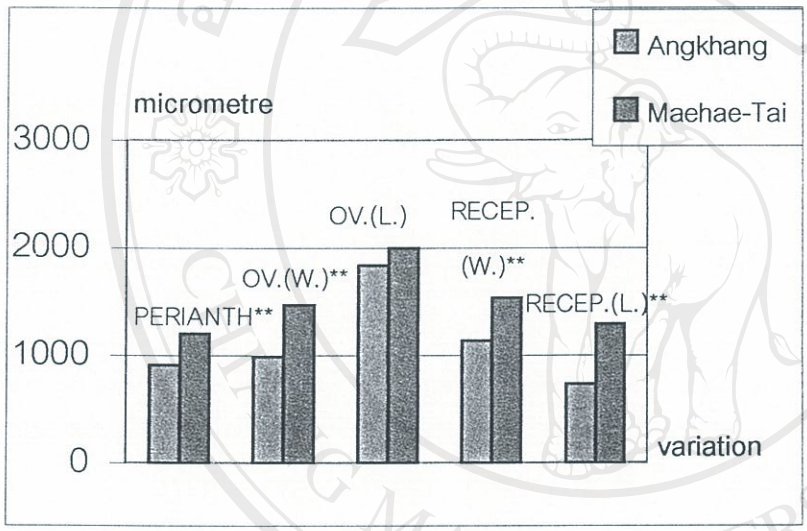
** มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 99 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 ขนาดของผล *Zanthoxylum armatum* DC.

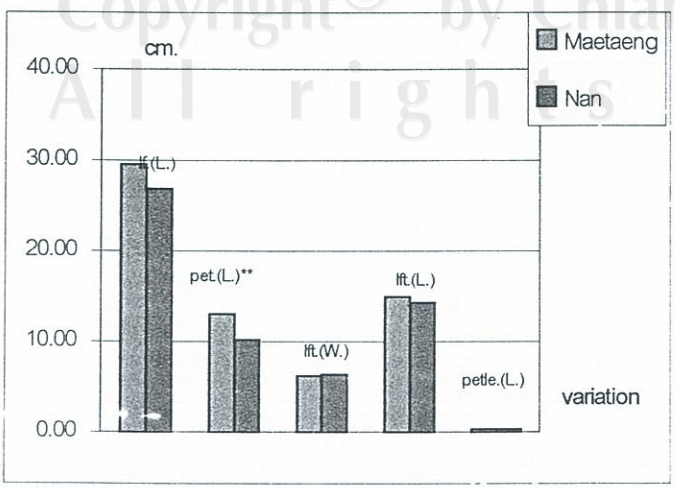
	fr. (W.) ** (mm.)	fr. (L.)** (mm.)	fr. ratio (L/W.)	lobe number	oil layer thickness ** (micrometre)	oil gland no. /piece
Angkhang	5.15	5.37	1.05	1	590.67	10
Maehae-Tai	5.73	5.96	1.04	1	799.14	11

แผนภูมิที่ 5 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวเมีย *Zanthoxylum armatum* DC.



3. *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f. ในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่และบ้านเต๋ย ดอยภูคา จังหวัดน่าน

แผนภูมิที่ 6 ขนาดของส่วนประกอบใบ *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.



lf.(L.) = ความยาวใบ

pet.(L.) = ความยาวก้านใบ

lft.(W.) = ความกว้างใบย่อย

lft.(L.) = ความยาวใบย่อย

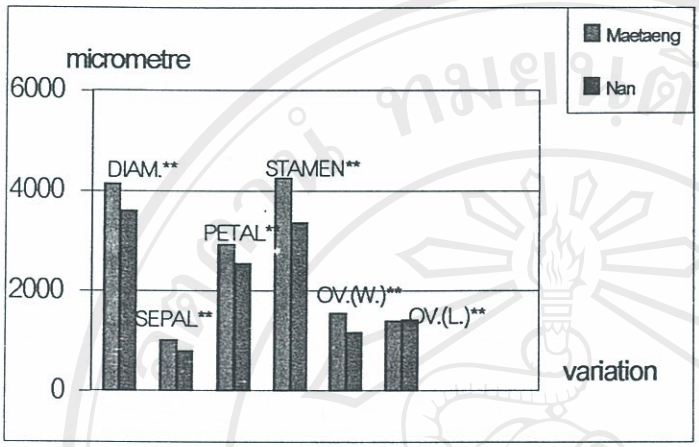
petle.(L.) = ความยาวก้านใบย่อย

* มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 95 %

** มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 99 %

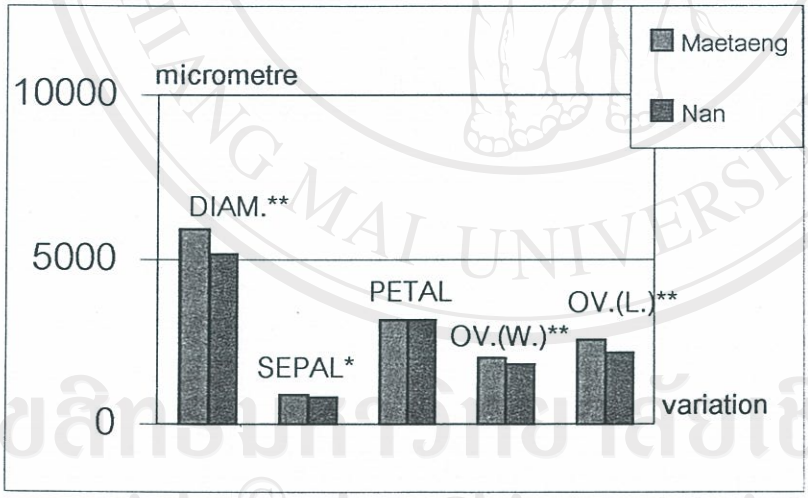
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนภูมิที่ 7 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวผู้ *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.



DIAM. = เส้นผ่านศูนย์กลางดอก
SEPAL = ความยาวกลีบเลี้ยง
PETAL = ความยาวกลีบดอก
STAMEN = ความยาวเกสรตัวผู้
OV. (W.) = ความกว้างรังไข่
OV. (L.) = ความยาวรังไข่

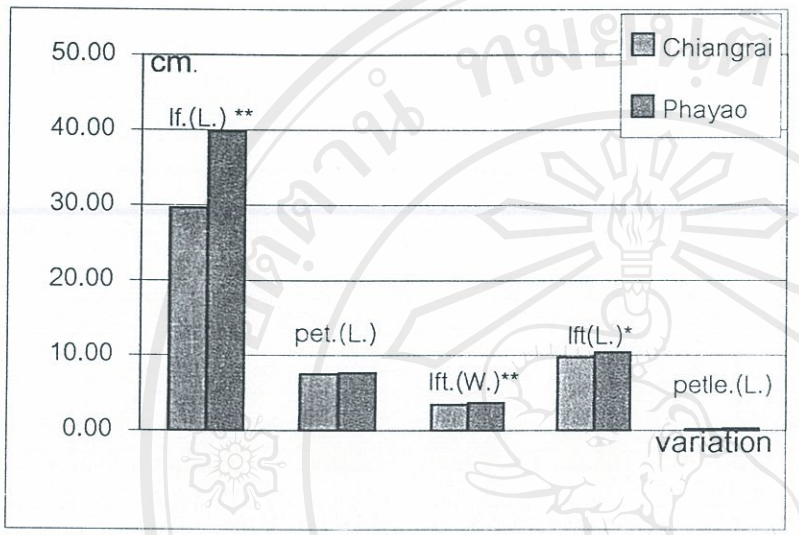
แผนภูมิที่ 8 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวเมีย *Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC. ในจังหวัดพะเยาและเชียงราย

แผนภูมิที่ 9 ขนาดของส่วนประกอบใบ *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.



lf.(L.) = ความยาวใบ

pet.(L.) = ความยาวก้านใบ

lft.(W.) = ความกว้างใบย่อย

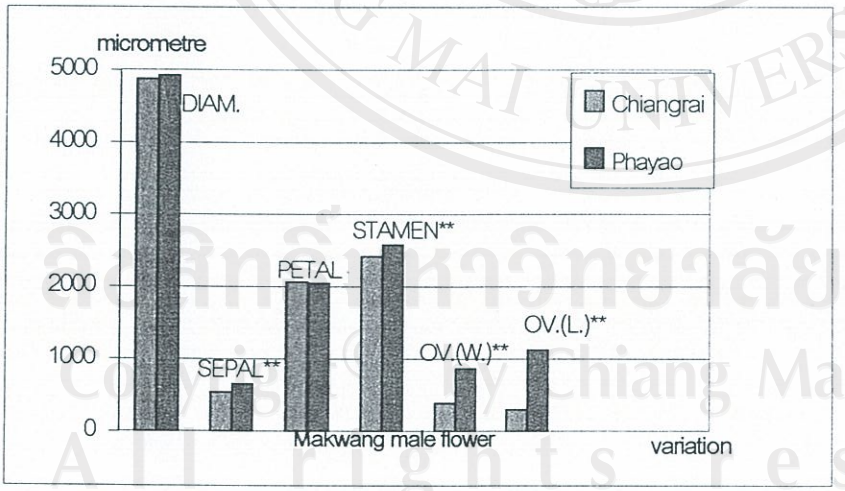
lft.(L.) = ความยาวใบย่อย

petle.(L.) = ความยาวก้านใบย่อย

* มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 95 %

** มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 99 %

แผนภูมิที่ 10 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวผู้ *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.



DIAM. = เส้นผ่านศูนย์กลางดอก

SEPAL = ความยาวกลีบเลี้ยง

PETAL = ความยาวกลีบดอก

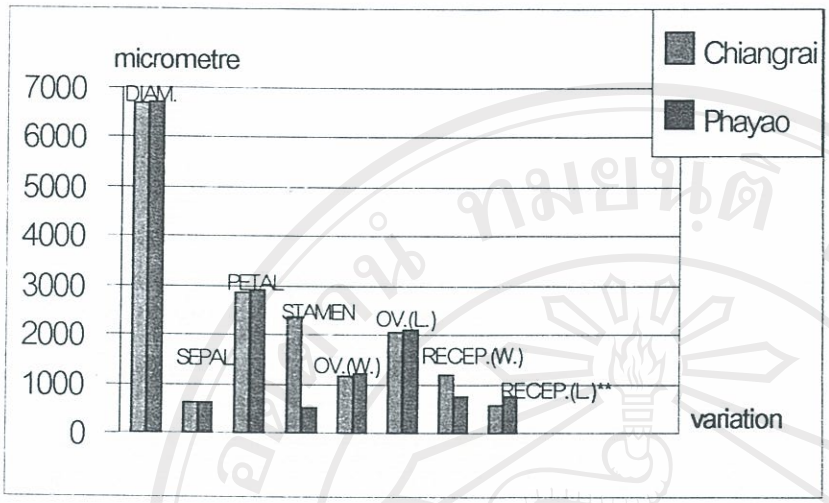
STAMEN = ความยาวเกสรตัวผู้

OV. (W.) = ความกว้างรังไข่

OV. (L.) = ความยาวรังไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนภูมิที่ 11 ขนาดของส่วนประกอบดอกตัวเมีย *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.



RECEP.(W.) = ความกว้างฐานรองดอก

RECEP.(L.) = ความยาวฐานรองดอก

ตารางที่ 5 ขนาดของผล *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.)

	fr.(W.)** (mm.)	fr.(L.) (mm.)	fr.ratio** (L/W.)	lobe number	oillayerthickness** (micrometre)	oilglandno. /piece**
Chiangrai	7.88	8.05	1.02	1	697.47	26
Phayao	7.37	7.82	1.06	1	845.20	29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาด้านกายวิภาค

ตารางที่ 6 รูปร่าง ชนิดของเซลล์และชนิดของ crystals หรือสารสะสมในผิวใบ

ชนิดพืช	สถานที่	epidermal cell		stomata		hair		secretory duct		crystal		stomata size (micrometre)	
		ผิวใบด้านบน	ผิวใบด้านล่าง	ผิวใบด้านบน	ผิวใบด้านล่าง	ผิวใบด้านบน	ผิวใบด้านล่าง	ผิวใบด้านบน	ผิวใบด้านล่าง	ผิวใบด้านบน	ผิวใบด้านล่าง	กว้าง	ยาว
มะมาด	อ่างขาง	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	uniseriate hair	uniseriate hair	glandular hair	glandular hair	-	rosette ใส	21.00	27.50
	อินทนนท์	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	uniseriate hair	uniseriate hair	glandular hair	glandular hair	-	rosette ใส	21.75	27.00
ห่อเงียว	อ่างขาง	irregular cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	-	glandular hair	-	rosette ใส	24.00	34.25
	แม่แฮใต้	irregular cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	-	glandular hair	-	rosette ใส	26.25	39.75
มะแขว่น	เชียงใหม่	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	secretory duct	glandular hair	-	-	30.00	45.00
	น่าน	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	secretory duct	glandular hair	-	-	30.00	44.25
มะข่วง	พะเยา	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	-	-	-	prism ใส, rosette ใส	26.00	37.75
	เชียงราย	polygonal cell	irregular cell	-	anomocytic	-	-	-	-	-	prism ใส, rosette ใส	23.50	34.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย stomatal index (I)

ชนิดพืช	ชื่อสามัญ	สถานที่	S (จำนวนปากใบ/mm2)	E (จำนวน epidermal cell/mm2)	I (stomatal index)
Zanthoxylum acanthopodium DC.	มะมาด	อ่างขาง	366.67	1913.33	16.08
		อินทนนท์	520.00	2753.33	15.89
Zanthoxylum armatum DC.	ห่อเงียว	อ่างขาง	206.67	1180.00	14.90
		แม่แฮใต้	200.00	1106.67	15.31
Zanthoxylum myriacanthum DC.	มะแขว่น	เชียงใหม่	133.33	1040.00	11.36
		น่าน	160.00	1080.00	12.90
Zanthoxylum rhetsa Wall ex.	มะข่วง	พะเยา	120.00	1126.67	9.63
Hook. f.		เชียงราย	146.67	1400.00	9.48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 จำนวนและความหนาชั้นเนื้อเยื่อต่างๆในลำต้นภาคตัดขวาง (ไมโครเมตร)

ชนิดพืช	ชื่อสามัญ	สถานที่	epidermis		collenchyma		parenchyma		phloem		vascular cambium		xylem	
			จำนวนชั้น	ความหนา	จำนวนชั้น	ความหนา	จำนวนชั้น	ความหนา	จำนวนชั้น	ความหนา	จำนวนชั้น	ความหนา	จำนวนชั้น	ความหนา
**Zanthoxylum acanthopodium* DC.	มะมาด	อ่างขาง	1	0.03	2	0.04	12	0.39	11	0.11	4	0.03	12	0.23
		อินทนนท์	1	0.03	2	0.05	11	0.29	11	0.13	3	0.03	11	0.10
Zanthoxylum armatum DC.	ห่อเขียว	อ่างขาง	1	0.03	2	0.04	14	0.42	12	0.11	3	0.03	7	0.12
		แม่แฮใต้	1	0.04	2	0.05	13	0.54	13	0.16	4	0.03	11	0.13
Zanthoxylum myriacanthum DC.	มะแขว่น	เชียงใหม่	1	0.02	2	0.04	19	0.78	11	0.15	8	0.06	11	0.17
		น่าน	1	0.02	2	0.04	15	0.38	10	0.09	5	0.04	9	0.12
Zanthoxylum rhetsa Wall ex. Hook. f.	มะข่วง	พะเยา	1	0.02	2	0.05	18	0.48	8	0.08	4	0.03	8	0.15
		เชียงราย	2	0.01	0	0.00	25	0.69	11	0.10	4	0.02	9	0.16

* มี uniseriate hair ที่เกิดจากชั้น epidermis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 ขนาด secretory ducts (ไมโครเมตร) ในพืชแต่ละชนิด

ชนิด	มะมาด				ห่อเจียว				มะแขว่น				มะข่วง							
สถานที่	อ่างขาง		ดอยอิน		อ่างขาง		แม่แฮใต้		เชียงใหม่		น่าน		พะเยา				เชียงราย			
V.B.	big S.D.		big S.D.		big S.D.		big S.D.		big S.D.		big S.D.		big S.D.		small S.D.		big S.D.		small S.D.	
	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง
collenchyma	0.10	0.11	0.08	0.10	0.14	0.14	0.14	0.18	0.12	0.14	0.07	0.06	0.19	0.19	0.08	0.09	0.15	0.18	0.09	0.09
parenchyma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

** ตำแหน่งของ secretory ducts อยู่ระหว่างชั้น collenchyma และ parenchyma

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 ชนิดของ crystals และสารสะสมในเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ ของโครงสร้างภายในลำต้น

ชนิดพืช	มะมาด		ห่อเจียว		มะแขว่น		มะข่วง	
สถานที่	อ่างขาง	ดอยอินทนนท์	อ่างขาง	แม่แฮใต้	เชียงใหม่	น่าน	พะเยา	เชียงราย
epidermis	-	-	-	-	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals
collenchyma	-	-	-	-	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals
parenchyma	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	dendriticcrystals, rosette ขาวใส, prism ขาวใส	dendritic crystals,rosette ขาวใส, prism ขาวใส	มีสารสะสม, dendritic crystals, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, dendritic crystals, rosette ขาวใส
phloem	-	-	-	-	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals	dendritic crystals
V.C.	-	-	-	-	dendritic crystals	dendritic crystals	-	dendritic crystals
xylem	-	-	-	-	dendritic crystals	dendritic crystals	-	dendritic crystals
parenchyma (pith)	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	dendritic crystals,rosette ขาวใส, prism ขาวใส	dendritic crystals,rosette ขาวใส, prism ขาวใส	มีสารสะสม, rosette ขาวใส	มีสารสะสม, dendritic crystals, rosette ขาวใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 รูปแบบและจำนวน vascular bundle ต่อชิ้นเนื้อเยื่อ

ชนิดพืช	ชื่อสามัญ	สถานที่	จำนวน vascular bundle/ชิ้น	รูปแบบ vascular bundle
Zanthoxylum acanthopodium DC.	มะมาด	*อ่างขาง	-	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
		อินทนนท์	6	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
Zanthoxylum armatum DC.	ห่อเจียว	อ่างขาง	6	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
		แม่แฮใต้	7	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
Zanthoxylum myriacanthum DC.	มะแขว่น	*เชียงใหม่	-	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
		*น่าน	-	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
Zanthoxylum rhetsa Wall ex. Hook. f.	มะข่วง	พะเยา	8	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว
		เชียงราย	6	collateral, vessel เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว

* ไม่สามารถนับจำนวนvascular bundle/ชิ้นได้ เนื่องจากไม่มีการแบ่งเป็น bundle ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 ชนิดของ crystals และสารสะสมในเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ ของเปลือกผล

ชนิดพืช	มะมาด		ห่อเจียว		มะแขว่น		มะข่วง	
สถานที่	อ่างขาง	ดอยอิน	อ่างขาง	แม่แฮใต้	เชียงใหม่	น่าน	พะเยา	เชียงราย
exocarp	-	-	-	-	-	-	-	-
mesocarp	crystal สีเหลือง, rosette ขาวใส	Rosette ขาวใส	rosette ขาวใส	rosette ขาวใส	crystal สีเหลือง	crystal สีเหลือง	crystal สีเหลือง, rosette ขาวใส	crystal สีเหลือง, rosette ขาวใส
endocarp	crystal สีเหลือง	-	rosette ขาวใส	-	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาด้านนิเวศวิทยา

ตารางที่ 13 ลักษณะทางนิเวศวิทยาของพื้นที่สำรวจ

ชนิดพืช	สถานที่	altitude	อุณหภูมิ (C)			ปริมาณน้ำฝน
		(m.)	max	min	average	(mm./yr.)
มะมาด	สถานีอ่างขาง	1400	23.78	12.38	13.17	1981.43
	ดอยอินทนนท์	1530	25.93	16.36	17.98	2149.83
ห่อเจียว	บ. ปางม้า ดอยอ่างขาง	1200	23.78	12.38	13.17	1981.43
	บ้านแม่แฮใต้ อ.แม่แจ่ม	1100	26.54	18.18	20.53	1253.07
มะแขว่น	อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	920	29.31	13.92	16.96	1843.37
	ดอยภูคา จ.น่าน	1200	24.74	15.56	14.65	1885.11
มะข่วง	เชียงราย	500	30.98	19.59	20.60	1804.53
	พะเยา	400	31.61	20.48	21.27	1335.33

ตารางที่ 14 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินแต่ละพื้นที่

ชนิดพืช	สถานที่	ลักษณะทางกายภาพ	pH	%O.M.	P (ppm)	K(ppm)
มะมาด	อ่างขาง (แปลง 10)	ดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนแดง	5.90	2.53	6.50	73.60
	ดอยอินทนนท์	ดินปนทราย สีน้ำตาลเข้ม	6.01	6.57	2.50	60.48
ห่อเจียว	อ่างขาง (บ.ปางม้า)	ดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาล	7.34	5.75	63.00	801.36
	บ.แม่แฮใต้	ดินปนทราย สีน้ำตาลเข้ม	6.04	5.62	36.00	330.12
มะแขว่น	แม่แตง	ดินเหนียว สีน้ำตาลแดง	4.38	4.69	13.00	114.75
	น่าน	ดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลเหลือง	4.79	2.11	15.00	173.88
มะข่วง	เชียงราย	ดินปนทราย สีน้ำตาลเหลือง	5.65	3.45	3.00	244.80
	พะเยา	ดินปนทราย สีเทา	7.00	2.29	34.50	274.68

(ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545 และ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิจารณ์ผลการศึกษา

1. การศึกษาพืชเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* วงศ์ Rutaceae ในเขตภาคเหนือตอนบน ของประเทศไทยครั้งนี้ ในส่วนของการสำรวจไม่พบดอกตัวผู้ของห่อเจียว (*Zanthoxylum armatum* DC.) แต่ดอกตัวเมียสามารถสร้างผลได้อาจเนื่องมาจากการผสมข้ามต้นโดยอาศัยแมลงหรือลมช่วยในการผสมพันธุ์จากต้นตัวผู้ที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่สำรวจ

2. พืชในสกุล *Zanthoxylum* ทั้ง 4 ชนิดที่ศึกษามีความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาค่อนข้างชัดเจน โดยมะข่วง (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.) และมะแขว่น (*Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ใบประกอบแบบขนนก ภายในกิ่งมีลักษณะเป็นโพรง หนามรูปกรวยแหลม แต่หนามของมะข่วงจะมีเนื้อไม้ ทั้ง 2 ชนิดมีช่อดอกออกที่ตำแหน่งปลายยอด ดอกย่อยแพกเพศมีกลีบเลี้ยง และกลีบดอกที่มีลักษณะแตกต่างกันชัดเจน ซึ่งมะข่วงจะมีชั้นละ 4 กลีบ ขณะที่มะแขว่นจะมีชั้นละ 5 กลีบ ส่วนมะมาด (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) เป็นไม้พุ่มและห่อเจียว (*Zanthoxylum armatum* DC.) เป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก โดยที่ทั้ง 2 ชนิดมีหนามรูปร่างแบน ใบประกอบแบบ trifoliolate แต่ที่ผิวใบของมะมาดจะมีขนสีน้ำตาลปกคลุม ลักษณะช่อดอกของมะมาดออกที่ตำแหน่งซอกใบ ส่วนห่อเจียวส่วนมากจะออกที่ตำแหน่งปลายยอด โดยที่ดอกย่อยของมะมาดและห่อเจียวเป็นดอกแยกเพศที่มีกลีบเลี้ยงเรียงตัวเป็นชั้นเดียว ซึ่งมะมาดจะมี 6-9 กลีบ ขณะที่ห่อเจียวจะมีเพียง 4-8 กลีบ ลักษณะของผลของทั้ง 4 ชนิดจะเป็นผลแบบแห้งแตกได้ที่เรียกว่า follicle เหมือนกันแต่ต่างกันที่จำนวนและขนาดของแต่ละ lobe โดยที่มะข่วงจะเป็นผลเดี่ยว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6-7 มิลลิเมตร มะแขว่นมีผลแบบกลุ่ม 3-4 lobe เส้นผ่านศูนย์กลางผลย่อยแต่ละผลขนาด 3-4 มิลลิเมตร มะมาดมีผลแบบกลุ่ม 1-4 lobe เส้นผ่านศูนย์กลางผลย่อยแต่ละผลขนาด 2-5 มิลลิเมตร และห่อเจียวมีผลแบบกลุ่ม 1-3 lobe เส้นผ่านศูนย์กลางผลย่อยแต่ละผลขนาด 3.5-6.5 มิลลิเมตร

3. ลักษณะความแตกต่างภายในชนิดของพืชเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* สามารถสรุปได้ดังนี้

มะข่วง :

ดอกมะข่วงตัวผู้จากพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยามีขนาดของดอก ความยาวกลีบเลี้ยง เกสรตัวผู้และขนาดรังไข่มากกว่าดอกมะข่วงตัวผู้จากพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงรายอย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกันดอกมะข่วงตัวเมียจากเพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยาก็มีความยาวฐานรองดอกมากกว่าจากจังหวัดเชียงรายอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (P) ในดินของพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยาซึ่งเป็นธาตุที่ช่วยในการเจริญเติบโตของดอก และผลนั้นมีมากกว่าดินในพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้นขนาดความกว้างของผล ความหนาชั้นเนื้อเยื่อเปลือกผลที่มีต่อมน้ำมัน จำนวนต่อมน้ำมันต่อชิ้นเนื่อเยื่อ ขนาดปากใบ และค่าของ stomatal index ของตัวอย่างจากพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยาก็มีค่ามากกว่าจังหวัดเชียงรายอีกด้วย

มะแขว่น :

ความยาวของก้านใบ ขนาดดอกตัวผู้และตัวเมีย ความยาวของกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ขนาดเกสรตัวผู้ ขนาดของรังไข่ ขนาดผล ความหนาชั้นเนื้อเยื่อเปลือกผลที่มีต่อมน้ำมัน จำนวนต่อมน้ำมันต่อชิ้นเนื่อเยื่อ และขนาดปากใบของพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงใหม่มีค่ามากกว่าตัวอย่างจากพื้นที่สำรวจจังหวัดน่านอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า stomatal index ของใบจากน่านมีค่ามากกว่าใบจากจังหวัดเชียงใหม่

มะมาด :

ความยาวหนามบนใบ ความกว้างรังไข่ที่ไม่ทำงานของดอกตัวผู้ และขนาดของปากใบของพื้นที่สำรวจดอยอินทนนท์มีค่ามากกว่าดอยอ่างขางอย่างมีนัวสำคัญ ในขณะที่ขนาดของดอกความยาวเกสรตัวผุ้ ของดอกตัวผู้ความสูงชั้นกลีบเลี้ยง ความยาวของรังไข่และฐานรองดอกของตัวเมีย รวมทั้งขนาดผลและความหนาชั้นเนื้อเยื่อเปลือกผลที่มีต่อมน้ำมันของตัวอย่างจากพื้นที่สำรวจดอยอ่างขางมีค่ามากกว่าดอยอินทนนท์อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นค่า stomatal index ของตัวอย่างจากดอยอ่างขางก็ยังมีค่ามากกว่าดอยอินทนนท์อีกด้วย

ห่อเจียว :

ความยาวของใบ ขนาดใบย่อย ความกว้างของปีก ความสูงชั้นกลีบเลี้ยง ความกว้างรังไข่ ขนาดฐานรองดอก ขนาดผล และความหนาชั้นเนื้อเยื่อเปลือกผลที่มีต่อมน้ำมันของตัวอย่างจากพื้นที่สำรวจบ้านแม่แฮใต้ อ.แม่แจ่ม มีค่ามากกว่าตัวอย่างจากดอยอ่างขางอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นขนาดปากใบ และค่า stomatal index ของใบจากพื้นที่สำรวจบ้านแม่แฮใต้ อ.แม่แจ่มก็มีค่ามากกว่าตัวอย่างจากดอยอ่างขางเช่นกัน

4. ลักษณะทางกายวิภาคของพืชสกุล *Zanthoxylum* ทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันดังนี้

ใบ :

- **epidermal cells** ของผิวใบด้านบนของมะข่วง มะแขว่น และมะมาดมีรูปร่างแบบ polygonal ในขณะที่ห่อเจียวนั้น จะมีรูปร่างใกล้เคียง irregular มาก ส่วน epidermal cell ของผิวใบด้านล่างของพืชสกุล *Zanthoxylum* ทั้ง 4 ชนิดมีรูปร่างแบบ irregular

- **ปากใบ (stomata)** พบที่ตำแหน่งผิวใบด้านล่างของทั้ง 4 ชนิดซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ anomocytic type

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **ขน (hair)** มะมาดเป็นชนิดเดียวที่มีขนแบบ uniseriate ทั้งที่ตำแหน่งผิวใบด้านบนและผิวใบด้านล่าง

- **ต่อมน้ำมัน (oil gland)** ต่อมน้ำมันที่ฝังอยู่บนบริเวณผิวใบด้านบนพบในพืชชนิดเดียวคือมะแขว่น ขณะที่พบ glandular hair ทั้งที่ตำแหน่งผิวใบด้านบนและด้านล่างของมะมาด แต่จะพบเฉพาะที่บริเวณผิวใบด้านล่างของมะแขว่นและห่อเจียว ซึ่งในมะแขว่นจะพบมากกว่าห่อเจียวและมะมาดตามลำดับ

- **crystals** พบเฉพาะที่ผิวใบด้านล่างโดยรูปแบบ rosette ใสนั้นจะพบในทั้ง 4 ชนิดยกยกเว้นมะแขว่น ส่วน prism ใสจะพบเฉพาะในมะข่วง

ลำต้น : จากการศึกษาภาคตัดขวางของลำต้นพืชสกุล *Zanthoxylum* ทั้ง 4 ชนิดพบว่าชั้นเนื้อเยื่อต่างๆมีความแตกต่างกันดังนี้

- **epidermis** ส่วนใหญ่จะมีเพียง 1 ชั้น แต่มะข่วงจากพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงรายมี 2 ชั้น ละความหนาของชั้นมีความใกล้เคียงกันมาก โดยมะข่วงและมะแขว่นจะมี epidermis หนา 0.01-0.02 ไมโครเมตร ขณะที่มะมาดและห่อเจียวหนา 0.03-0.04 ไมโครเมตร

- **collenchyma** ส่วนใหญ่จะมี 2 ชั้น ยกยกเว้นมะข่วงจากพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงรายพบว่าไม่มีชั้น collenchyma โดยที่ความหนาของชั้นนี้มีค่า 0.04-0.05 ไมโครเมตร

- **parenchyma** จำนวนและความหนาชั้นของมะข่วงและมะแขว่นมีความแตกต่างกันภายในชนิดค่อนข้างมาก เนื่องจากกิ่งค่อนข้างแข็งจึงต้องใช้ยอดของต้นกล้าซึ่งหาได้ค่อนข้างยากจึงอาจทำให้มีความแตกต่างของอายุต้นกล้าที่นำมาเป็นตัวอย่างต่างกัน ทำให้อายุของชั้นเนื้อเยื่อที่นำมาศึกษามีค่าต่างกันส่งผลให้จำนวนชั้นและความหนาของเนื้อเยื่อต้นที่มีอายุมากกว่ามีค่ามากกว่าทำให้ค่าที่วัดได้ต่างกันค่อนข้างมาก คือมะข่วงจากพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยามีชั้น parenchyma 18 ชั้นรวมแล้วหนาประมาณ 0.48 ไมโครเมตรขณะที่จากเชียงรายมีชั้น parenchyma 25 ชั้นรวมแล้วหนาประมาณ 0.69 ไมโครเมตร และมะแขว่นจากพื้นที่สำรวจจังหวัดเชียงใหม่มีชั้น parenchyma 19 ชั้นรวมแล้วหนาประมาณ 0.78 ไมโครเมตรในขณะที่จากน่านมีชั้น parenchyma 15 ชั้นรวมแล้วหนาประมาณ 0.38 ไมโครเมตร ส่วนมะมาดและห่อเจียวจะมีจำนวนชั้นและความหนาของเนื้อเยื่อน้อยกว่ามะข่วงและมะแขว่นโดยมะมาดมีชั้น parenchyma 11-12 ชั้นรวมแล้วหนา 0.3-0.4 ไมโครเมตร ขณะที่ห่อเจียวมีชั้น parenchyma 13-14 ชั้นรวมแล้วหนา 0.42-0.54 ไมโครเมตร

- **phloem** มีความแตกต่างกันมากในแต่ละชนิด

- **vascular cambium** ทุกชนิดมีจำนวนชั้นและความหนาค่อนข้างใกล้เคียงกัน ยกเว้นมะแขว่นดังสาเหตุข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **xylem** จำนวนชั้นและความหนาจะใกล้เคียงกัน ยกยกเว้นมะแขว่นและห่อเจียว ซึ่งมีความแตกต่างกันภายในชนิด สำหรับมะแขว่นนั้น สาเหตุที่ทำให้ค่าที่ได้มีความแตกต่างออกไปอาจเป็นจากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่วนห่อเจียวอาจเป็นเพราะตัวอย่างที่ได้จากพื้นที่สำรวจดอยอ่างขางมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่าที่บ้านแม่แฮใต้ ทำให้ตัวอย่างที่ได้จากบ้านแม่แฮใต้มีจำนวนชั้นมากกว่าเนื้อเยื่อมากกว่า เพื่อช่วยในการลำเลียงน้ำ

- **secretory ducts** ต่อมน้ำมันของพืชที่ศึกษาทุกชนิดจะมีตำแหน่งอยู่ระหว่างชั้น collenchyma และ parenchyma แต่มะข่วงจะมีต่อมน้ำมันขนาดเล็กกระจายอยู่บริเวณ parenchyma ในชั้น cortex ซึ่งขนาดของต่อมน้ำมันในตัวอย่างพื้นที่สำรวจเชียงใหม่จะมีขนาดใหญ่กว่าจากน่าน อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำฝนต่อปีของจังหวัดเชียงใหม่น้อยกว่าน่าน

- **crystal และสารสะสม** พบ crystal ที่รูปร่างคล้ายเข็มรวมตัวกันเป็นกระจุกคล้าย druse แต่จะแผ่กระจายเป็นแพนออกไปยังเซลล์ด้านข้างเฉพาะในลำต้นของมะข่วงและมะแขว่น ซึ่งพบตั้งแต่ชั้น epidermis ไปจนถึง pith ซึ่งขนาดของ crystal ที่อยู่ชั้นด้านนอกของลำต้นจะมีขนาดใหญ่กว่า แต่มะข่วงจากพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยาที่จะพบจากชั้น epidermis จนถึงชั้น phloem อาจเป็นเพราะการเจริญของเนื้อเยื่อชิ้นตัวอย่างอาจยังไม่เจริญเต็มที่ เนื่องจากการสังเกตพบว่าปริมาณและขนาดของ crystal ชนิดนี้จะแปรผันตามอายุ นอกจากนั้นยังพบ prism ใสในเนื้อเยื่อ parenchyma ของชั้น cortex และ pith ของมะแขว่น และ rosette ใสในชั้น cortex และ pith ของเนื้อเยื่อลำต้นของพืชทุกชนิดที่ศึกษาอีกด้วย

- **vascular bundle** พบว่ามีการแบ่งเป็น bundle ที่ชัดเจนในเกือบทุกชนิด ยกยกเว้น
- มะแขว่นจากทั้งเชียงใหม่และน่านและมะมาดจากดอยอ่างขางโดยจำนวน bundle ต่อชิ้นจะใกล้เคียงกันคือ 6-8 bundle ต่อชิ้น โดยที่ทุกชนิดจะมีรูปแบบของ vascular bundle เป็นแบบ collateral และการจัดเรียงตัวของ vessel เป็นแถวเดี่ยวเหมือนกันหมด

เปลือกผล :

พบ crystal 2 ชนิดคือ rosette ใสพบในชั้น mesocarp ของทุกชนิด ยกยกเว้นมะแขว่น นอกจากนั้นยังพบในชั้น endocarp ของห่อเจียวอีกด้วย ส่วน crystal สีเหลืองพบในชั้น mesocarp ของทุกชนิดเช่นกัน ยกยกเว้นห่อเจียวจากทั้งดอยอ่างขางและบ้านแม่แฮใต้ และมะมาดจากดอยอินทนนท์ นอกจากนั้นยังพบในชั้น endocarp ของมะมาดจากดอยอ่างขางอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางนิเวศวิทยาของพื้นที่สำรวจ

มะข่วงค่อนข้างเจริญได้ดีที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพืชทั้งหมดที่ศึกษาคือที่ระดับ 400-500 เมตร ส่วนชนิดที่รองลงมาคือมะแขว่นคือ 920-1,200 เมตร ส่วนมะมาดและห่อเงียวจะเจริญได้ดีในระดับความสูงใกล้เคียงกันคือ 1,100-1,530 เมตร

ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินแต่ละพื้นที่สำรวจ

พืชที่ศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เจริญได้ดีในดินปนทราย ยกเว้นมะแขว่นจากน่านและห่อเงียวจากแม่แฮใต้ที่พบว่าเจริญได้ในดินปนหิน สำหรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินนั้นพบว่าส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในดินที่สภาพเป็นกรดถึงกลางโดยที่มะแขว่นจะค่อนข้างเจริญได้ดีในสภาพเป็นกรดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบจากทั้งหมด ส่วนธาตุอาหารในดินที่สำรวจพบว่าธาตุฟอสฟอรัส (P) ของดินในพื้นที่สำรวจจังหวัดพะเยามีปริมาณมากกว่าจังหวัดเชียงรายทำให้ดอกมะข่วงของจังหวัดพะเยามีขนาดใหญ่กว่าเชียงราย เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสมีส่วนช่วยให้การเจริญเติบโตได้ดีในดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภท
633.88
ก278
e.5

เลขทะเบียน.....เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สรุปผลการศึกษา

1. การศึกษาทางสัณฐานวิทยาพบว่าพืชในสกุล *Zanthoxylum* แต่ละชนิดที่ศึกษามีลักษณะโครงสร้างภายนอกที่แตกต่างกันโดยใช้ส่วนของใบ ดอก และผลในการจัดจำแนกได้ถึงระดับชนิดพันธุ์ นอกจากนั้นขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของใบ ดอก และผลภายในชนิดเดียวกันก็มีบางส่วนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่สำรวจนั้นๆ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ผลการศึกษาสามารถจำแนกพืชที่ศึกษาทั้งหมดได้ 4 ชนิดคือ
   - 2.1 มะข่วง (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC.)
   - 2.2 มะแขว่น (*Zanthoxylum myriacanthum* Wall. ex Hook. f.)
   - 2.3 มะมาด (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)
   - 2.4 ห่อเจียว (*Zanthoxylum armatum* DC.)

3. จากการศึกษาทางกายวิภาค
   - 3.1 ปากใบของพืชทุกชนิดที่ศึกษาเป็นแบบ anomocytic type ซึ่งพบเฉพาะที่ตำแหน่งผิวใบด้านล่างเท่านั้น และค่าคงที่ของ stomatal index (I) สามารถนำมาใช้ประกอบการจัดจำแนกชนิดพืชสกุลนี้ได้
   - 3.2 ลักษณะและตำแน่งของขนที่ปกคลุมผิวใบ เช่น ขนแบบ uniseriate hair และ glandular hair นอกจากนั้นยังรวมถึงรูปแบบและตำแน่งของ secretary duct และ crystal ต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นลักษณะเฉพาะเพื่อประกอบเป็นข้อมูลในการจัดจำแนกชนิดพืชในสกุบนี้ได้
   - 3.3 จำนวนความหนาชั้นเนื้อเยื่อของลำต้นพืชทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ลักษณะทางนิเวศวิทยาสามารถบอกถึงแหล่งที่พืชสามารถเจริญได้ดีได้



มะมาด ***Zanthoxylum acanthopodium*** **DC.**

A male flowering branch B-F various fruit shapes

G male flower H female flower I ovary x.s J ovary l.s.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห่อเจียว *Zanthoxylum armatum* DC.

A female flowering branch B female flower C ovary l.s.

D-G various fruit shapes

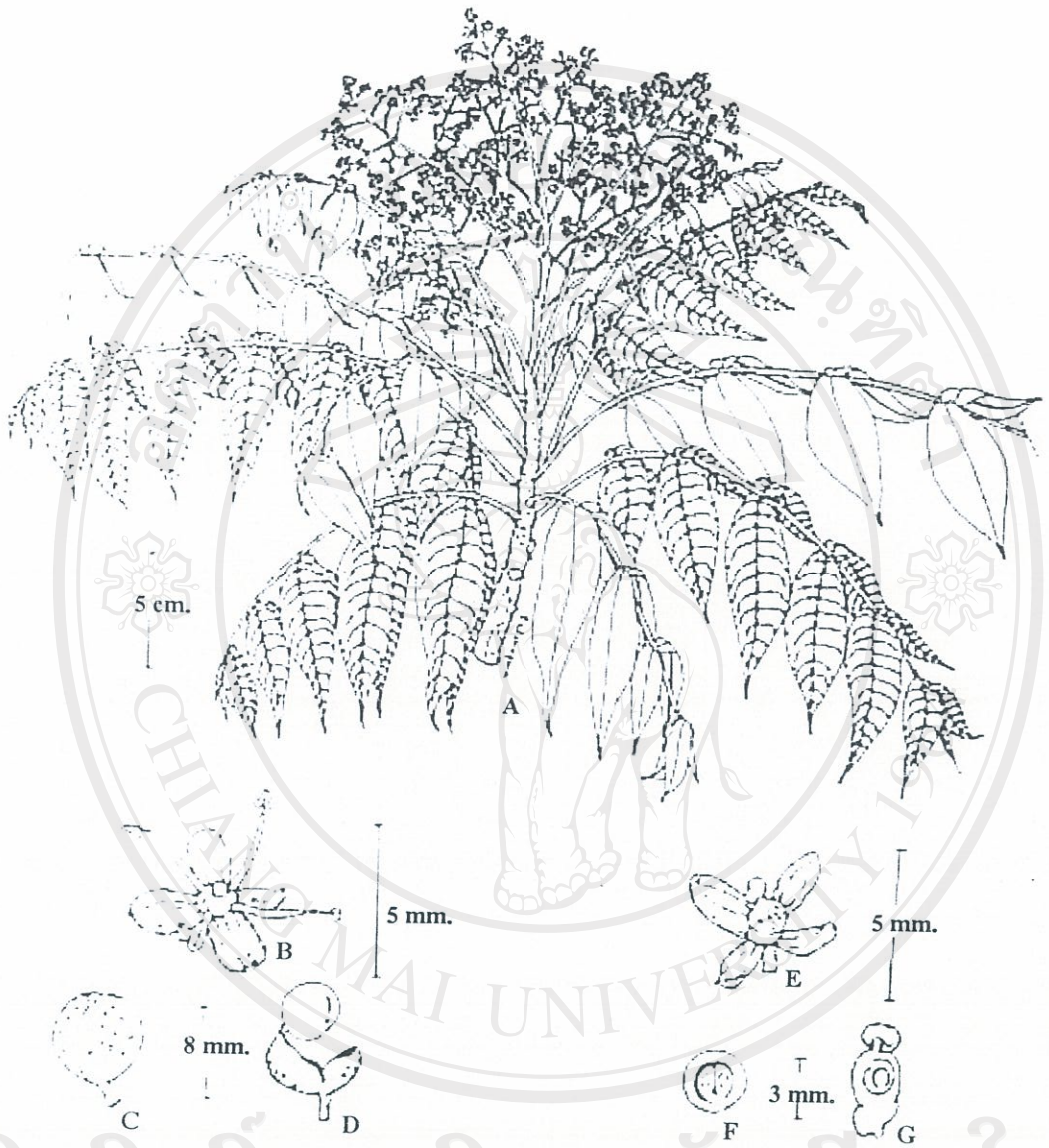


มะแขว่น *Zanthoxylum myriacanthum* **Wall. ex Hook. f.**

A male flowering branch B male flower C female flower

D carpel with staminodes E ovary l.s. F ovary x.s. G-K various fruit shapes

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



มะข่วง ***Zanthoxylum rhetsa*** **(Roxb.) DC.**

A male flowering branch B male flower C-D fruits

E female flower F ovary x.s. G ovary l.s.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรณานุกรม

กระทรวงพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2532. โครงการศึกษาวิจัยตลาดพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ: รายงานผลการศึกษาของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์: ทำการศึกษาโดยบริษัทการจัดการเกษตร และอุตสาหกรรมจำกัด, กรุงเทพฯ.

จิรพงษ์ ขุมคำ. 2535. พืชที่ใช้เป็นเครื่องเทศ และปรุงแต่งอาหารในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชวลิต สิทธิสมบัติ. 2528. เครื่องเทศ และน้ำมันหอมระเหย. ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เทียมใจ คมกฤส. 2542. กายวิภาคของพฤกษ์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. เครื่องเทศ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2537. ไมโครเทคนิคทางพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชญา พงษ์ทัดศิริกุล. 2544. สัณฐานวิทยาและกายวิภาคของกวาวเครือขาว (*Pueraria mirifica* Airy Shaw & Suvatabhandu) และกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.). ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

รัชชุพร สภานุชาต ชูศรี ไตรสนธิ และปริทรรศน์ ไตรสนธิ. 2544. พืชเครื่องเทศในสกุล *Zanthoxylum* บางชนิดในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ , สงขลา, หน้า 442.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2525. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.

อังคณา อินตา. 2544. สัณฐานวิทยาและกายวิภาคของเจียวกู้หลาน (*Gymnostemma pentaphyllum* Makino) ในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Carlquist, S. 1961. Comparative Plant Anatomy. U.S.A., Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Cutter, E. G. 1969. Plant Anatomy: Experiment and Interpretastion Part I. cell and tissues. London and Baccles, William Clows and Sons, Limited.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Dassanayake, M.D. 1985. A Revised Handbook to The Flora of Ceylon. Vol. 5. Model Press. Pvt. Ltd. p. 407-476.

Ernest, G. 1949. The Essential Oils. Vol. 1. U.S.A., Lancaster Press.

Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. 2nd ed. U.S.A., John Wiley & Sons, Inc.

Esau, K. 1965. Plant Anatomy. 2nd ed. U.S.A., John Wiley & Sons, Inc.

Fahn, A. 1977. Plant Anatomy. 2nd ed. Gt. Britain, Page Bros (Norwich) Ltd.

Kurz, S. 1877. Forest Flora of British Burma. Vol. 1. Calcutta, Office of the Superintendent of Government Printing. p.178-182.

Mc Clung, C. E. 1964. Nc Clung's Handbook of Microscopical Technique foe workers in Animal Plant tissues. New York, Hafner Publishing Company, Inc.

Perry, L. 1981. Medicinal Plants of East and Southeast Asia: Attributed Properties and Uses. England, The MIT Press. p.369-371.

Ruzin, S. E. 1999. Plant Microtechnique and Microscopy. New York, Oxford University Press.

Sass, J. E. 1971. Botanical Microtechnique. 3rd ed. U.S.A., The Iowa State University Press.

Weaver, R. J. 1972. Plant Growth Substances in Agriculture. San Francisco, W.H. Freeman and Company.

Whitemore, T.C. 1972. Tree Flora of Malaya (A Mannual for Foresters). Forest Department Ministry of Agriculture and Lands Malaysia. Vol. 1. Hong Kong, Wing Tai Cheung Printing Co. Ltd.. p. 367-371.

Zhengyi,W., Jie,C. *et* Shukun,C. 1995. Flora Yunnanica. Tomus 6. (Spermatophyta). Institutum Botanicum Kunmingense Academiae Sicicae Edita. Science Press. p. 685-719.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 2

การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาว และพืชสมุนไพรบนพื้นที่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาวและสมุนไพรเมืองร้อนในสภาพปลอดเชื้อ

In vitro Propagation of Temperate and Tropical Herbs

ดรุณี นาพรหม[1], ศิวาพร ธรรมดี[1], อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ[1], และ พิทยา สรวมศิริ[1]

Daruni Naphrom[1], Siwaporn Thumdee[1], Orapin Saritnum[1], and Pittaya Sruamsiri[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อน โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า สามารถขยายพันธุ์ได้ประสบความสำเร็จ ดังนี้ การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน 2,4-D และ BA ที่มีผลต่อการเกิดยอดของใบเจอราเนียมในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้อาหาร MS ร่วมกับฮอร์โมน 2,4-D : BA ในอัตราส่วนดังนี้ 0 : 0.5 , 0 : 1.0 , 0 : 2.0 , 0.05 : 0.5 , 0.05 : 1.0 และ 0.05 : 2.0 มก./ล. ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่มี BA ความเข้มข้น 1.0 มก./ล. การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน IBA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนยอดเสจในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเลี้ยงชิ้นส่วนยอดเสจบนอาหารสูตร MS (1962) ที่ผสมฮอร์โมน IBA และ BA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ รวมทั้งหมด 10 กรรมวิธี ได้แก่ 0 : 2 , 0 : 4 , 0 : 6, 1 : 2 , 1 : 4 , 1 : 6 , 2 : 2 , 2 : 4 , 2 : 6 และ 0 : 0 (control) มก./ล. ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่ผสม IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 2 หรือ 4 มก./ล. การทดลองที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน IBA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชาปัญจขันธ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยเลี้ยงชิ้นส่วนยอดชาปัญจขันธ์บนอาหารสูตร MS (1962) ที่ผสมฮอร์โมน IBA และ BA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ รวมทั้งหมด 9 กรรมวิธี คือ 0 : 1 , 0 : 2 , 0 : 3 , 1 : 1 , 1 : 2 , 1 : 3 , 2 : 1 , 2 : 2 และ 2 : 3 มก./ล. ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่ผสม BA 2.0 มก./ล. โดยไม่มี IBA การทดลองที่ 4 การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน IAA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดงในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเลี้ยงชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดงบนอาหารสูตร MS (1962) ที่ผสมฮอร์โมน IAA และ BA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ รวมทั้งหมด 9 กรรมวิธี ได้แก่ 0.01 : 0.5 , 0.01 : 1.0 , 0.01 : 1.5 , 0.01 : 2.0 , 0.1 : 0.5 , 0.1 : 1.0 , 0.1 : 1.5 , 0.1 : 2.0 มก./ล. และ MS (control) ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่ผสม IAA 0.1 มก./ล. ร่วมกับ BA 1.5 มก./ล.

---

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , เชียงใหม่ 50200

Department of Horticulture , Faculty of Agriculture , Chiangmai University , Chiangmai 50200

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 5 การศึกษาอิทธิพลของ BA ที่มีผลต่อการเกิดยอดใหม่ของชิ้นส่วนยอดและข้อของทองพันชั่ง โดยใช้อาหารสูตร MS ร่วมกับ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 มก./ล. พบว่า ชิ้นส่วนยอดสามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ดีที่สุดบนอาหารสูตร MS ที่ผสม BA ความเข้มข้น 1.0 มก./ล. ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้เป็นจำนวนมาก และมีความยาวยอดมาก สามารถนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้มากที่สุด

Abstract

The study on the micropropagation of temperate and tropical herbs was carried out at Tissue Culture Laboratory , Faculty of Agriculture , Chiangmai University. The results revealed that studied herbs can be successfully propagated by tissue culture. There were 5 trials. The first trial , the effect of 2,4-D and BA on shoot inducement of Geranium leaf *in vitro* was compared among 6 treatments ; MS+IBA : BA = 0 : 0.5 , 0 : 1.0 , 0 : 2.0 , 0.05 : 0.5 , 0.05 : 1.0 , and 0.05 : 2.0 mg./l. The results revealed that the best treatment was MS + BA 1.0 mg./l. The second trial, the effect of IBA and BA on growth of Sage i*n vitro* was compared among 10 treatments ; MS+IBA : BA = 0 : 2 , 0 : 4 , 0 : 6, 1 : 2 , 1 : 4 , 1 : 6 , 2 : 2 , 2 : 4 , 2 : 6 , and 0 : 0 (control) mg./l. The results revealed that the best treatment was MS + IBA 1 mg./l + BA 2.0 or 4.0 mg/l. The third trial , studying on the effect of IBA and BA on growth of *Gynostemma pentaphyllum,*Makino *in vitro* was compared among 9 treatments; MS+IBA : BA = 0 : 1 , 0 : 2 , 0 : 3 , 1 : 1 , 1 : 2 , 1 : 3 , 2 : 1 , 2 : 2 , and 2 : 3 mg./l. The results revealed that the best treatment was MS + BA 2.0 mg./l. The fourth trial , the effect of IAA and BA on growth of *Plumbago rosea* Linn. *in vitro* was compared among 9 treatments ; MS+IAA : BA = 0.01 : 0.5 , 0.01 : 1.0 , 0.01 : 1.5, 0.01 : 2.0 , 0.1 : 0.5 , 0.1 : 1.0 , 0.1 : 1.5 , 0.1 : 2.0 mg./l , and MS (control). The results revealed that the best treatment was MS + IAA 0.1 mg./l + BA 1.5 mg/l. The fifth trial , the effect of BA on new shoot inducement of *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz. shoot and node *in vitro* by varied 0 , 0.5 , 1.0 , and 1.5 mg/l of BA in MS medium . The best method was the treatment using shoot tip culture on MS combined with BA 1.0 mg/l that had the highest shoot numbers and shoot length for the micropropagation.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทนำ

ปัจจุบันมีการผลิตพืชสมุนไพรเมืองหนาว และพืชสมุนไพรเมืองร้อนหลายชนิดออกขายเป็นการค้า ซึ่งมีความต้องการสูงมาก แต่มีปริมาณไม่เพียงพอ ต้องนำเข้าสมุนไพรจากต่างประเทศอยู่มาก เช่นในปี 2538 ประเทศไทยนำเข้าพรรณไม้ และส่วนของพรรณไม้ที่ใช้ทำยาสูงถึง 2,977 เมตริกตัน มูลค่ากว่าร้อยล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) นอกจากนี้ยังได้นำพืชสมุนไพรมาใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม รวมถึงอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์มากขึ้นด้วย การขยายพันธุ์โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถขยายพันธุ์พืช เพื่อให้ได้ต้นกล้าในปริมาณมาก มีความสม่ำเสมอ แข็งแรง ปราศจากโรค และยังสามารถอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ไว้ได้ แต่ในปัจจุบันข้อมูลหรืองานวิจัยเกี่ยวกับการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรแต่ละชนิดด้วยวิธีดังกล่าวในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ในงานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ตารางที่ 1 การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพร และพืชน้ำมันหอมระเหย ที่สามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ (นฤพร , 2541), (อรพินธุ์ , 2543)

ผู้ทดลอง (ปี)	ชนิดพืช	ชิ้นส่วนที่ใช้ในการทดลอง
Quazi (1985)	*Lavendula sp.*	ตา
Iyer and Pai (1998)	*Majorana hortensis* Moench	ข้อ
Rech and Pires (1986)	*Mentha arvensis*	ข้อ
	M. piperita	
	M. spicata	
Y. Sahoo *et al.*(1997)	*Ocimum basilicum*	ข้อ
Furmanowa (1993)	*Origanum marjorana*	ปลายยอด และ ข้อ
Borovec (1988)	*Origanum vulgare*	ตาข้าง
Chaturvedi (1984)	*Rosemarinus officinalis*	ข้อ
Olszowska (1982)	*Thymus vulgaris*	ปลายยอด และ ข้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 การศึกษาสูตรอาหารที่สามารถชักนำให้เกิดยอดในพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ

ผู้ทดลอง (ปี)	ชื่อพืช	ชิ้นส่วนพืชที่ใช้	สูตรอาหาร
Fukuda *et al.* (1998)	Geranium	Ovule	LS + Tryptone 1500 mg./l + IAA 0.5 mg./l + 2iP 1 mg./l
Jordan *et al.* (1998)	Lavender	ข้อ	BA 2.0 μm หรือ kinetin 40.0μm
Sanchez-Gras *et al.*(1998)	Lavender	ตาข้าง	MS + BA 5 μm
Borovec (1988)	Oregano	ตาข้าง	MS + BAP 4 mg./l +NAA 0.1 mg./l
Curtis และShetty (1995)	Oregano	ตาข้าง	MS + BAP 1 mg./l
Kelleti *et al.* (1995)	Oregano	ยอด	MS + BA 1 mg./l
Matsubars (1996)	Oregano	Callus จาก Hypocotyl และ cotyledon	MS + NAA + BA 0.1 mg./l
Yang *et al.* (1997)	Rosemary	ยอด	MS + BA 1 mg./l + proline 2 μm

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย : ศึกษาการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อน โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการวิจัยโดยการรวบรวมพืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อนมาไว้ เพื่อใช้เป็นต้นแม่ในการขยายพันธุ์ จากนั้นทดลองสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขยายจำนวนต้นพืชสมุนไพรแต่ละชนิด

วิธีการทดลองมีดังนี้

1. การเตรียมสารละลายเข้มข้น (Stock solution)

โดยอาหาร Murashige & Skoog (1962) แบ่งเตรียมได้ดังนี้

□ Stock 1 (ความเข้มข้น10 เท่า)

NH_4NO_3	8.25	gm/500 ml
KNO_3	9.50	gm/500 ml

□ Stock 2 (ความเข้มข้น100 เท่า)

$MgSO_4.7H_2O$	18.50	gm/500 ml
$MnSO_4.H_2O$	0.845	gm/500 ml
$ZnSO_4.7H_2O$	0.430	gm/500 ml
$CuSO_4.5H_2O$	0.0013	gm/500 ml

□ Stock 3 (ความเข้มข้น100 เท่า)

$CaCl_2.2H_2O$	22.00	gm/500 ml
KI	0.0415	gm/500 ml
$CoCL_2.6H_2O$	0.0013	gm/500 ml

□ Stock 4 (ความเข้มข้น100 เท่า)

KH_2PO_4	8.5	gm/500 ml
H_3BO_3	0.3100	gm/500 ml
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.0125	gm/500 ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

□ Stock 5 (ความเข้มข้น100 เท่า)

$FeSO_4.7H_2O$	1.392	gm/500 ml
Na_2EDTA	1.862	gm/500 ml

□ Stock Vitamin (ความเข้มข้น200 เท่า)

Inositol	10	gm/500 ml
Nicotinic acid	0.05	gm/500 ml
Pyridoxine HCl	0.05	gm/500 ml
Thiamine HCl	0.01	gm/500 ml
Glycine	0.2	gm/500 ml

□ Stock Hormone (ความเข้มข้น100 มก./ล.)

Benzyl adenine (BA)	0.01 gm/100 ml
Indole butyric acid (IBA)	0.01 gm/100 ml

โดยอาหาร MS ใช้น้ำตาล 30 gm/l และ วุ้น 8 gm/l

2. การเตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

สามารถทำได้ดังนี้

(1) ละลายน้ำตาลในน้ำกลั่น

(2) ดูดสารละลายจาก Stock ต่าง ๆ ที่เตรียมไว้มารวมกัน ให้ได้ปริมาตรตามปริมาณที่ต้องการใช้ ของแต่ละกรรมวิธี แล้วเขย่าขวดให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ตามที่คำนวณไว้ในปริมาณที่ใช้

(3) ปรับ pH ของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 5.7 โดยใช้ NaOH 1 N หรือ HCl 1 N หยดลงไปในปริมาณเล็กน้อยจนได้ค่าตามที่ต้องการ

(4) นำสารละลายที่ปรับ pH เรียบร้อยแล้วไปต้มจนเริ่มเดือดในไมโครเวฟ จากนั้นใส่ผงวุ้นที่ชั่งแล้วได้ปริมาณตามต้องการลงไป คนให้ละลาย ต้มต่อไปจนใส แล้วยกลง

(5) บรรจุลงในขวดที่จะใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยจะใส่ขวดละ 15 ml. ในขวดขนาด 4 ออนซ์ ปิดฝาขวดให้สนิท

(6) นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วย Autoclaveที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลานาน 15 นาที จากนั้นนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารวุ้นเย็นลง และมีลักษณะแข็ง ก็จะสามารถใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การเตรียมพืชทดลองและการตัดเลี้ยง

(1) การฟอกฆ่าเชื้อ ทำการฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้ Clorox จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ในตู้ปลอดเชื้อ

(2) นำชิ้นส่วนพืชที่ฟอกแล้วนี้ มาทำการตัดเลี้ยงแล้วเพาะลงอาหารสูตรต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ (1 ยอด ต่ออาหารวุ้น 1 ขวด)

(3) เขียนชื่อพืช วันที่ทำการทดลอง สูตรอาหาร ด้วยปากกาเคมี

(4) นำขวดที่เลี้ยงเนื้อเยื่อเรียบร้อยแล้วทั้งหมด เก็บไว้ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อความเข้มแสงประมาณ 1,200 ลักซ์ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส

การบันทึกผล

- จำนวนยอด
- ความยาวยอด
- ลักษณะต้นพืช เช่น การเกิดแคลลัส การเกิดอาการฉ่ำน้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการรวบรวมพืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อนมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือนภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นต้นแม่พันธุ์ในการขยายพันธุ์โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าสามารถใช้ส่วนยอด และ ข้อ มาใช้ในการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ ซึ่งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืชแต่ละชนิดนั้น ครั้งแรกจะนำมาเลี้ยงในอาหารสูตรพื้นฐานคือ สูตรMS ร่วมกับ BA 1 มก./ล. และบ่มเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ถูกปรับให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จนสามารถขยายจำนวนต้นได้ประสบความสำเร็จดังนี้

1. Geranium (*Pelargonium spp.*)

การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน 2,4-D และ BA ที่มีต่อการเกิดยอดของใบเจอราเนียมในสภาพปลอดเชื้อ

เมื่อเพาะเลี้ยงใบเจอราเนียมในอาหารสูตร MS ร่วมกับฮอร์โมน 2,4-D : BA ในอัตราส่วนดังนี้ 0 : 0.5 , 0 : 1.0 , 0 : 2.0 , 0.05 : 0.5 , 0.05 : 1.0 และ 0.05 : 2.0 มก./ล. พบว่า สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ทุกกรรมวิธี ซึ่งยอดจะเกิดบนแคลลัส ในกรรมวิธีที่ไม่เติม 2,4-D พบว่า เริ่มเกิดยอดอย่างเห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 2 ยอดที่มีขนาดเล็กจะมีสีเขียวอมเหลืองและสีจะเริ่มเข้มขึ้นจนเป็นสีเขียวในสัปดาห์ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 โดยยอดทุกยอดมีลักษณะสมบูรณ์ สำหรับยอดที่เกิดจากกรรมวิธีที่เติม 2,4-D จะเกิดช้า มีลักษณะผอมเรียว สีเขียวเข้มกว่าเล็กน้อย และให้จำนวนยอดน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่เติม 2,4-D และในการให้ BA ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น พบว่า จำนวนยอดเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ BA ที่มากขึ้นในสัปดาห์แรก (ตารางที่ 3) เนื่องจาก BA เป็นสารในกลุ่มกระตุ้นการเจริญเติบโตประเภทไซโตไคนิน ซึ่งสามารถกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นให้เกิดการแตกตาได้ (ดนัย, 2537) และในสัปดาห์ที่ 2 , 3 และ 4 ที่ BA ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 มก./ล สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ดี (ตารางที่ 4 , 5 และ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Welander (1983) โดยทำการเลี้ยงปลายยอดของ *Pelargonium zonale* ซึ่งให้จำนวนยอดต่อเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) ที่เพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเลี้ยงบนอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีปฏิกิริยาร่วมระหว่าง 2,4-D และ BA ดังนั้นการเพาะเลี้ยงใบเจอราเนียมสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่ BA ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 มก./ล. โดยไม่มี 2,4-D แต่ที่ BA ความเข้มข้น 1.0 มก./ล. เหมาะสมที่สุด เพราะใช้ฮอร์โมนในปริมาณที่น้อยกว่า โดยให้จำนวนยอด 9.80 ยอด และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด 100 % (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 3 จำนวนยอดของใบเจอราเนียมที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D และ BA ความเข้มข้นต่างๆ นาน 1 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ	**ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)**			**ค่าเฉลี่ย**
2,4-D (มก./ล.)	0.5	1.0	2.0	
0	0.55bc	1.20ab	1.80a	**1.118a**
0.05	0.05c	0.30c	0.15c	**0.17b**
ค่าเฉลี่ย	**0.30b**	**0.75ab**	**0.97a**	

[1]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

หมายเหตุ : ค่า $LSD_{0.05}$ ของ 2,4-D ของจำนวนยอด = 0.4404

ค่า $LSD_{0.05}$ ของ BA ของจำนวนยอด = 0.5394

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 จำนวนยอดของใบเจอราเนียมที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D และ BAความเข้มข้นต่างๆ นาน 2 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ 2,4-D (มก./ล.)	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			ค่าเฉลี่ย
	0.5	1.0	2.0	
0	1.45b	3.40a	4.25a	**3.03a**
0.05	0.20b	1.40b	0.55b	**0.72b**
ค่าเฉลี่ย	**0.83b**	**2.40a**	**2.40a**	

[1]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

หมายเหตุ : ค่า $LSD_{0.05}$ ของ 2,4-D ของจำนวนยอด = 0.8810

ค่า $LSD_{0.05}$ ของ BA ของจำนวนยอด = 1.0792

ตารางที่ 5 จำนวนยอดของใบเจอราเนียมที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D และ BA ความเข้มข้นต่างๆ นาน 3 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ 2,4-D (มก./ล.)	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			ค่าเฉลี่ย
	0.5	1.0	2.0	
0	2.80bc	6.00a	7.75a	**5.52a**
0.05	0.45c	3.15b	1.30bc	**1.63b**
ค่าเฉลี่ย	**1.63b**	**4.57a**	**4.53a**	

[1]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

หมายเหตุ : ค่า $LSD_{0.05}$ ของ 2,4-D ของจำนวนยอด = 1.4752

ค่า $LSD_{0.05}$ ของ BA ของจำนวนยอด = 1.8068

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 จำนวนยอดของใบเจอราเนียมที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D และ BA ความเข้มข้นต่างๆ นาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ	**ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)**			**ค่าเฉลี่ย**
2,4-D (มก./ล.)	0.5	1.0	2.0	
0	5.90b	9.80a	10.60a	**8.77a**
0.05	1.75c	4.90bc	2.95bc	**3.20b**
ค่าเฉลี่ย	**3.83b**	**7.35a**	**6.77a**	

[1]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

หมายเหตุ : ค่า $LSD_{0.05}$ ของ 2,4-D ของจำนวนยอด = 1.8462

ค่า $LSD_{0.05}$ ของ BA ของจำนวนยอด = 2.2611

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดของใบเจอราเนียมที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D และ BA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

หน่วย : เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น		**เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด[1] (%)**			
2,4-D (มก./ล.)	BA (มก./ล.)	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0	0.5	20	50	55	95
0	1.0	45	80	85	100
0	2.0	65	65	70	100
0.05	0.5	5	15	25	50
0.05	1.0	20	60	85	100
0.05	2.0	10	35	55	55

[1]เปอร์เซ็นต์จำนวนใบเจอราเนียมที่เกิดยอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 การเกิดยอดของใบเจอราเนียมที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี BA 1.0 มก./ล. นาน 4 สัปดาห์

2. Sage

การศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมน IBA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนยอดเสจในสภาพปลอดเชื้อ

เมื่อทดลองเลี้ยงชิ้นส่วนยอดเสจบนอาหารสูตร MS (1962) ที่มีความเข้มข้นของ IBA และ BA ระดับต่าง ๆ รวมทั้งหมด 10 กรรมวิธี ได้แก่ 0 : 2 , 0 : 4 , 0 : 6, 1 : 2 , 1 : 4 , 1 : 6 , 2 : 2 , 2 : 4 , 2 : 6 และ 0 : 0 (control) มก./ล. พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของ IBA และ BA ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มยอดของเสจ และไม่พบว่าทั้งสองปัจจัยนี้มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเพิ่มจำนวนยอดของเสจ โดยกรรมวิธีที่มี IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 4 มก./ล. ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 8.11 ยอด ซึ่งต่างจากกรรมวิธีที่มี IBA 2 มก./ล. ร่วมกับ BA 4 มก./ล. และกรรมวิธีควบคุม (0 : 0) ให้จำนวนยอดต่ำที่สุด คือ 3.55 ยอด (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 จำนวนยอดจากชิ้นส่วนของเสจเมื่อเลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

IBA (มก./ล.)	BA (มก./ล.)			เฉลี่ย
	2	4	6	
0	7.78 ab	6.11 abc	7.44 ab	**7.11**
1	6.67 ab	8.11 a	6.33 ab	**7.04**
2	6.00 abc	5.33 bc	5.89 abc	**5.81**
เฉลี่ย	**6.81**	**6.34**	**6.80**	

MS (0 : 0)	3.55 C

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สำหรับความยาวยอดสูงสุด พบว่า ระดับความเข้มข้นของ IBA และ BA มีอิทธิพลต่อความยาวยอดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ดังนี้คือ ในสัปดาห์ที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของ IBA เท่ากับ 1 มก./ล ให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดเท่ากับ 1.31 ซม. แตกต่างจาก IBA 0 มก./ล. และ 2 มก./ล. ซึ่งมีความยาวยอดสูงสุดไม่ต่างกัน และพบว่าความเข้มข้นของ BA ที่ระดับ 2 มก./ล. ให้ความยาวยอดสูงสุด มากที่สุดเท่ากับ 1.32 ซม. มากกว่า BA 4 มก./ล. และ 6 มก./ล. ที่มีความยาวยอดสูงสุดไม่ต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของ IBA เท่ากับ 1 มก./ล. ให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดคือ 1.93 ซม. ไม่แตกต่างจาก IBA 2 มก./ล. แต่ต่างจาก IBA 0 มก./ล. ซึ่งมีความยาวยอดสูงสุดเท่ากับ 1.60 ซม. และ 1.32 ซม. ตามลำดับ และ BA มก./ล. ความเข้มข้น 2 มก./ล. ยังคงให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดเท่ากับ 1.94 ซม. แตกต่างจาก BA ความเข้มข้น 6 มก./ล. และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่า ระดับความเข้มข้นของ IBA เท่ากับ 1 มก./ล. ให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดเท่ากับ2.30 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างจาก IBA 2 มก./ล. แต่ต่างจาก IBA 0 มก./ล. และไม่พบอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยต่อความยาวยอดสูงสุดในทุกสัปดาห์ เมื่อศึกษาผลรวมของปัจจัยความเข้มข้นของ IBA และ BA และกรรมวิธีควบคุม (0 : 0) ต่อความยาวยอดสูงสุด พบว่าในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 หลังเพาะเลี้ยง กรรมวิธีที่มี IBA เข้มข้น 1 มก./ล. ร่วมกับ BA เข้มข้น 4 มก./ล. ให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดคือ 1.54 ซม. และ 2.24 ซม. ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มี IBA ร่วมกับ BA 4 หรือ 6 มก./ล. กรรมวิธีที่มี IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 6 มก./ล. และกรรมวิธีที่มี IBA 2 มก./ล. ร่วมกับ BA 4 หรือ 6 มก./ล. และเมื่อสัปดาห์ที่ 4 พบว่ากรรมวิธีควบคุม(0 : 0) ให้ความยาวยอดสูงสุดมากที่สุดคือ 2.83 ซม. ต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มี IBA ร่วมกับ BA ทุกความเข้มข้นและกรรมวิธีที่มี IBA 2 มก./ล. ร่วมกับ BA 4 หรือ 6 มก./ล. (ตารางที่ 9 , 10 และ 11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 ความยาวยอดสูงสุดของเสจที่เลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 2 สัปดาห์

หน่วย : ซม.

IBA	BA (ppm)			เฉลี่ย
(ppm)	2	4	6	
0	1.30 abc	0.79 de	0.77 de	**0.95 b**
1	1.42 ab	1.54 a	0.94 bcde	**1.31 a**
2	1.24 abcd	0.74 e	0.81 ade	**0.94 b**
เฉลี่ย	**1.32 a**	**1.00 b**	**0.88 b**	

MS (0 : 0)	1.33 ab

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 10 ความยาวยอดสูงสุดของเสจที่เลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์

หน่วย : ซม.

IBA	BA (ppm)			เฉลี่ย
(ppm)	2	4	6	
0	1.80 abcd	1.33 de	0.83 e	**1.32 b**
1	2.04 ab	2.24 a	1.50 bcd	**1.93 a**
2	2.00 abc	1.44 bcde	1.34 cde	**1.60 ab**
เฉลี่ย	**1.94 a**	**1.62 ab**	**1.28 b**	

MS (0 : 0)	2.24 a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 ความยาวยอดสูงสุดของเสจที่เลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ซม.

IBA (ppm)	BA (ppm)			เฉลี่ย
	2	4	6	
0	2.00 bcde	1.50 de	1.32 e	**1.61 b**
1	2.43 abc	2.37 abc	2.11 abcd	**2.30 a**
2	2.70 ab	1.58 de	1.68 cde	**2.00 ab**
เฉลี่ย	**2.38 a**	**1.77 b**	**1.76 b**	

MS (0 : 0)	2.83 a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อศึกษาอิทธิพลของ IBA และ BA ต่อจำนวนชิ้นส่วนที่ตัดแบ่งได้ เมื่อสัปดาห์ที่ 4 หลังตัดเลี้ยง พบว่าระดับความเข้มข้นของ IBA มีอิทธิพลต่อจำนวนชิ้นส่วนที่ตัดแบ่งได้เมื่อเลี้ยงเนื้อเยื่อนาน 4 สัปดาห์ คือ IBA 1 มก./ล. ให้จำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่งได้สูงสุดเท่ากับ 4.22 ชิ้น ต่างจาก IBA 0 มก./ล. และ 2 มก./ล. สำหรับ BA ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนชิ้นส่วนที่ตัดแบ่งได้ และไม่พบอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยต่อจำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่งอีกด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบทุกกรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่มี IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 4 มก./ล. ให้จำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่งได้มากที่สุดไม่ต่างจาก IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 2 มก./ล. คือให้จำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่ง 5.55 ชิ้น และ 4.11 ชิ้นตามลำดับ และแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม(0 : 0) ซึ่งให้จำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่งได้เท่ากับ 3.44 ชิ้น (ตารางที่12) สำหรับลักษณะทางคุณภาพของยอดที่ได้ พบว่ากรรมวิธีที่มี IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 2 หรือ 4 มก./ล. และกรรมวิธีควบคุมจะให้ยอดที่มีลักษณะดี ดังนั้น ในการขยายพันธุ์เสจควรใช้อาหารสูตร MS ที่มี IBA 1 มก./ล. ร่วมกับ BA 2 หรือ 4 มก./ล. เพื่อเพิ่มจำนวนยอดให้ได้จำนวนมาก แม้ว่ากรรมวิธีควบคุมจะให้จำนวนยอดที่น้อย แต่ยอดที่ได้ก็มีความสมบูรณ์แข็งแรง และทุกชิ้นส่วนที่เลี้ยงในกรรมวิธีก็ออกรากได้ทั้งหมด ดังนั้น เมื่อเพิ่มจำนวนยอดได้เพียงพอแล้ว สามารถย้ายมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อให้ยอดนั้นเกิดรากเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 จำนวนชิ้นส่วนตัดแบ่งได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนยอดของเสจนาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ชิ้น

IBA (มก./ล.)	BA (มก./ล.)			เฉลี่ย
	2	4	6	
0	2.22 bc	1.55 c	2.00 c	**1.92 b**
1	4.11 ab	5.55 a	3.00 bc	**4.22 a**
2	2.89 bc	1.78 c	1.67 c	**2.11b**
เฉลี่ย	**3.07**	**2.96**	**2.22**	

MS (0 : 0)	3.44 bc

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ชาปัญจขันธ์

การศึกษาอิทธิพลของ IBA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชาปัญจขันธ์ในสภาพปลอดเชื้อ

เมื่อทดลองเลี้ยงชิ้นส่วนยอดชาปัญจขันธ์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ IBA คือ 0, 1 , 2 มก./ล และ BA 1 , 2 , 3 มก./ล. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ IBA ขึ้น ไม่มีผลต่อจำนวนยอดที่เกิดขึ้น และที่ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ ให้ผลต่อจำนวนยอดของชาปัญจขันธ์ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของ IBA และ BA ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการเกิดยอดและความยาวยอดของชาปัญจขันธ์ โดยที่ระดับความเข้มข้นของ BA 2.0 มก./ล.อย่างเดียวจะให้จำนวนยอดและความยาวยอดสูงที่สุด ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีเฉพาะ BA 1.0 มก./ล. แต่ BA 2.0 มก./ล. จะให้จำนวนยอดต่อชิ้นส่วนที่เลี้ยงมากที่สุดคือ 3.33 โดยมีความยาวยอดสูงสุด 1.33 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าอาหารกรรมวิธีที่มี IBA 1 มก./ล.ร่วมกับ BA 1 มก./ล. และกรรมวิธีควบคุม (MS) (ตารางที่ 13 และ 14) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sharma และ Singh (1995) ที่ได้ทำการทดลองกับขิง นอกจากนี้ยังพบว่าหากเลี้ยงยอดในอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของ IBA 1 หรือ 2 มก./ล และ BA 3 มก./ล เป็นเวลานาน จะทำให้ยอดที่ได้มีการเจริญเติบโตที่ช้า มีสีเหลือง และเกิดอาการ browning คือ การที่เนื้อเยื่อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากบริเวณโคนต้นที่สัมผัสกับอาหาร ซึ่งรังสฤษฎ์ (2540) ได้รายงานว่า อาการนี้อาจลามไปสู่ส่วนยอดและทำให้ต้นตายในที่สุดได้ ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ IBA และ BA มีความเข้มข้นสูงเกินไป คือ ที่ระดับความเข้มข้นของ IBA ตั้งแต่ 0.5 มก./ล. ขึ้นไป และ BA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตั้งแต่ 2.5 มก./ล. ขึ้นไป จะเป็นพิษต่อพืช (บุญยืน, 2539) ดังนั้น หากจะทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชาปัญจขันธ์ จึงควรใช้อาหารสูตร MS ที่ผสม BA 2.0 มก./ล. ในการเพิ่มจำนวนยอด และสามารถนำยอดที่ได้มาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต จะทำให้ยอดนั้นออกรากได้เป็นต้นชาปัญจขันธ์ที่พร้อมจะย้ายออกปลูกในสภาพปกติได้

ตารางที่ 13 จำนวนยอดที่ได้จากการเลี้ยงชิ้นส่วนยอดของชาปัญจขันธ์บนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA และ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			เฉลี่ย
IBA (มก./ล.)	1	2	3	
0	3.00ab	3.33a	1.67ab	**2.67**
1	1.67ab	1.67ab	2.33ab	**1.88**
2	1.33b	1.67ab	2.33ab	**1.78**
เฉลี่ย	**2.00**	**2.22**	**2.11**	**2.11**

MS	1.33b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 14 ความยาวยอดสูงสุดที่ได้จากการเลี้ยงชิ้นส่วนยอดของชาปัญจขันธ์บนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA และ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์

หน่วย : ซม.

ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			เฉลี่ย
IBA (มก./ล.)	1	2	3	
0	0.87ab	1.33a	0.70b	**0.97**
1	0.50b	0.67b	0.77b	**0.76**
2	0.70b	0.70b	0.87ab	**0.67**
เฉลี่ย	**0.69**	**0.90**	**0.72**	**0.77**

MS	0.60b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เจตมูลเพลิงแดง

การศึกษาอิทธิพลของ IAA และ BA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเจตมูลเพลิงแดงในสภาพปลอดเชื้อ

เมื่อทดลองเลี้ยงชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดงบนอาหาร MS ที่ผสมฮอร์โมน IAA และ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 9 กรรมวิธี คือ IAA : BA เท่ากับ 0.01 : 0.5 , 0.01 : 1.0 , 0.01 : 1.5 , 0.01 : 2.0 , 0.1 : 0.5 , 0.1 : 1.0 , 0.1 : 1.5 , 0.1 : 2.0 มก./ล. และ MS (control) เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของ IAA : BA เท่ากับ 0.01 : 2.0 มก./ล. ให้จำนวนยอดมากที่สุด คือ 4.29 ยอด/ชิ้นส่วน แต่ให้ความยาวยอดสูงสุดเพียง 1.37 ซม. ซึ่งกรรมวิธีที่มี IAA : BA เท่ากับ 0.1 : 1.5 มก./ล. ให้ความยาวยอดมากกว่า คือ 1.58 ซม. และเกิดยอดใหม่มากถึง 3.89 ยอด/ชิ้นส่วน (ตารางที่ 15 และ 16) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อรพินธุ์ (2543) ที่ได้ทำการทดลองกับออริกาโน โดยเลี้ยงชิ้นส่วนยอดออริกาโนบนอาหารสูตร ½MS ที่ผสม IBA 0.01 มก./ล. และ BA 1.5 มก./ล. ซึ่งให้จำนวนยอดต่อต้นมากที่สุด จึงพบว่าในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้นสมดุลระหว่างฮอร์โมนออกซินและไซโตไคนินเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตที่เป็นปกติของพืช ดังนั้นหากจะทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดงจึงควรใช้อาหารสูตรMS ที่ผสม IAA 0.1มก./ล. และ BA 1.5 มก./ล. ในการเพิ่มจำนวนยอดเพื่อการขยายพันธุ์ต่อไป

ตารางที่ 15 จำนวนยอดของชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดง เมื่อเลี้ยงในอาหาร MS ร่วมกับ IAA และ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 5 สัปดาห์

หน่วย : ยอด

ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			
IAA (มก./ล.)	0.5	1.0	1.5	2.0
0.01	3.56	3.63	3.71	4.29
0.1	2.89	2.75	**3.89**	3.75

MS	1.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 ความยาวยอดสูงสุดของชิ้นส่วนยอดเจตมูลเพลิงแดง เมื่อเลี้ยงในอาหาร MS ร่วมกับ IAA และ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 5 สัปดาห์

หน่วย : ซม.

ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ BA (มก./ล.)			
IAA (มก./ล.)	0.5	1.0	1.5	2.0
0.01	1.39	1.39	1.53	1.38
0.1	1.56	1.36	**1.58**	1.26

MS	1.64



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2 การเกิดยอดของยอดเจตมูลเพลิงแดงที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี IAA 0.1 มก./ล. ร่วมกับ BA 1.5 มก./ล. นาน 5 สัปดาห์

5. ทองพันชั่ง

การศึกษาอิทธิพลของ BA ที่มีผลต่อการเกิดยอดใหม่ของชิ้นส่วนยอดและข้อของทองพันชั่ง โดยใช้อาหารสูตร MS ร่วมกับ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0 , 0.5 , 1.0 และ 1.5 มก./ล. พบว่าทั้งชิ้นส่วนยอดและชิ้นส่วนข้อของทองพันชั่ง สามารถชักนำให้เกิดยอด และใบใหม่ได้ โดยชิ้นส่วนยอดสามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ดีกว่าชิ้นส่วนข้อ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดเป็นส่วนที่มีความตื่นตัวสูงกว่าปริเวณอื่นๆ จึงสามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ง่ายกว่า (ประศาสตร์ , 2536) และสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่ผสม BA ความเข้มข้น 1.0 มก./ล. ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดยอด ได้จำนวนยอดที่จะนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้มากที่สุด อีกทั้งเพิ่มความยาวยอดที่เกิดขึ้นใหม่ด้วย และมีผลดีกว่า BA 1.5 มก./ล. (ตารางที่ 17 และ 18) ทั้งนี้เนื่องมาจาก BA เป็นฮอร์โมนในกลุ่มไซโตไคนินมีผลช่วยในการแบ่งเซลล์ และเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อเยื่อ แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินไป อาจมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ (ดนัย, 2539) สำหรับต้นที่ไม่ได้รับBAนั้น ให้ผลไม่ดีนักอาจเนื่องจากว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต จำเป็นสำหรับการช่วยกระตุ้นให้ชิ้นส่วนมีการพัฒนาและเจริญเติบโตมากขึ้น ดังนั้นชิ้นส่วนที่เลี้ยงในอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต จึงมีอัตราการเจริญเติบโต และเกิดอวัยวะใหม่ได้น้อยกว่าที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (รังสฤษฏ์ ,2540) ดังนั้นการขยายพันธุ์ทองพันชั่ง ควรใช้ชิ้นส่วนยอดเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ผสม BA ความเข้มข้น 1.0 มก./ล.

ตารางที่ 17 จำนวนยอด และความยาวยอดสูงสุดของชิ้นส่วนยอดทองพันชั่ง เมื่อเลี้ยงในอาหาร MS ร่วมกับ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

ความเข้มข้นของ BA	จำนวนยอด/ชิ้นส่วน	ความยาวยอดสูงสุด (cm.)
BA 0.0 มก./ล.	1.12	0.39
BA 0.5 มก./ล.	1.60	0.70
BA 1.0 มก./ล.	**5.42**	**0.87**
BA 1.5 มก./ล.	3.35	0.81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 จำนวนยอด และความยาวยอดสูงสุดของชิ้นส่วนข้อทองพันชั่ง เมื่อเลี้ยงในอาหาร MS ร่วมกับ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

ความเข้มข้นของ BA	จำนวนยอด/ชิ้นส่วน	ความยาวยอดสูงสุด (cm.)
BA 0.0 มก./ล.	1.05	0.32
BA 0.5 มก./ล.	2.33	0.57
BA 1.0 มก./ล.	**5.15**	**0.81**
BA 1.5 มก./ล.	3.17	0.73



ภาพที่ 3 การเกิดยอดของยอดทองพันชั่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี BA 1.0 มก./ล. นาน 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อน โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า สามารถขยายพันธุ์ได้โดยใช้ส่วนยอดและข้อ ซึ่งสามารถขยายจำนวนต้นได้มากในอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 19 สรุปการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรเมืองหนาว และสมุนไพรเมืองร้อน

ชิ้นส่วนพืชที่ใช้	สูตรอาหารที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์
ใบเจอราเนียม	อาหารสูตร MS + BA 1.0 มก./ล.
ยอดเสจ	อาหารสูตร MS + IBA 1 มก./ล.+ BA 2 หรือ 4 มก./ล.
ยอดชาปัญจขันธ์	อาหารสูตร MS + BA 2.0 มก./ล.
ยอดเจตมูลเพลิงแดง	อาหารสูตร MS + IAA 0.1 มก./ล.+ BA 1.5 มก./ล.
ยอดทองพันชั่ง	อาหารสูตร MS + BA 1.0 มก./ล.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ. 2539 . สรีรวิทยาของพืช . ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 210น.

นฤพร หรรษคุณาฒัย. 2541. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออริกาโนในสภาพปลอดเชื้อ ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน , คณะเกษตรศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 59น.

บุญยืน ยุทธวงศ์. 2539. การปรับปรุงพันธุ์.ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 278น.

ประศาสตร์ เกื้อมณี . 2536. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 158 น.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2540. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช : หลักการและเทคนิค. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพ ฯ.220น.

สมบูรณ์ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. สรีระวิทยาของพืช. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ . 221น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศปี 2538. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 24/2539 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ . 2543 . อิทธิพลของ IBA และ BA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของยอดออริกาโนในสภาพปลอดเชื้อ ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 66น.

Borovec , V . 1988 . Micropropagation of oregano (*O. vulgare*) under *in vitro* condition .BIBLTOGRAPHIC-citation.32:p49-54.

Curtis , O.F. and K. Shetty.1995.Prevention of vitrification associated with *in vitro* shoot culture of oregano. Hort.Abstr.66(6):5316

Fukuda ,T.; Kakihara ,F.; Kato ,M.1998.Establishment of ovule culture technique in hybridization between zonal geranium (*Pelargonium* x *hortorum*) and ivy - leaved gernium (*P. peltatum*) . Journal of Society of High Technology in Agriculture 9 (4) 255-262.Cited.Hort.Abstr.68:10663.

Iyer,P.V. and J.S. Pai.1998.Micropropagation of sweet marjoram (*Majorana hortensis* Moench). Hort.Abstr.69(5):6243

Jordan , A.M. ; Calvo , M.C. ; Segura , J. 1998 . Micropropagation of adult *Lavendular dentata* plants.J.Hort.Sci.and Biotechnology 73(1)93-96.Cited.Hort.Abstr.68:4459.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kelleti , G. 1995 .Bacterial mediated stimulation of phenolic and control of vitrification in colnal line of oregano. Hort.Abstr. 67(7):6288

Matsubara , S. ; M. Ino.1996. Callus formation and regeneration of herbs in *Perilla* Family.Hort.Abstr.67(3):2383

Sahoo ,Y.1997. *In vitro* clinal propagation of an aromatic medicinal herb *Ocimum basilicum* (sweet basil) by axillary shoot proliferation.*In Vitro* Cell.Dev.Biol.-Plant33:293-296.

Sharma,T.R. and B.M. Singh.1995.Simple and cost-effective medium for propagation ofginger (*Zingiber officinale*).*In* Hort.Abstr.66(11):1231.

Stewart , C.R. ,C.J. Morris and J.F. Thmpson .1966. Changes in amino acid content of excised leaves during incubation . II . Role of sugar in accumulation of proline in wilted leaves. Plant Physiol.41:1585-90.

Welander,T.1983.Micropropagation of pelargonium zonale. อ้างโดย กรรณิกา โพธิสามต้น. 2534. การขยายพันธุ์ไฮเดรนเยียในสภาพปลอดเชื้อ.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 116 น.

Yang ,R.;Potter ,T.P.;Curtis,O.P.;Shetty,K.1997.Tissue culture based selection of high rosmarinic acid producing clones of rosemary . (*Rosemarinus officinalis* L.) using Pseudomonas strain F. Food biotechnol.Monticello. N.Y. Marcel Dakker Inc.V.11.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 3

การผลิตพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาว บนพื้นที่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

พ.ศ. 2543-2544

โครงการย่อย
การผลิตพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูง

คณะผู้วิจัย

นายพิทยา สรวมศิริ	หัวหน้าโครงการ
นาวสาวรัตติยา นวลหล้า	ผู้ร่วมวิจัย
นาวสาวกรรณิกา ศรีลัย	ผู้ร่วมวิจัย
นายอนุชา ศรีมา	ผู้ร่วมวิจัย
นายบันเทิง ชาวสวน	ผู้ร่วมวิจัย

ตุลาคม 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1
บทนำ

พืชสมุนไพรบนพื้นที่สูงภายใต้การดูแลของมูลนิธิโครงการหลวง อาจจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ **พืชสมุนไพรเมืองหนาว (Herbs) และพืชสมุนไพรพื้นบ้านบนที่สูง** ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 เป็นต้นมา มูลนิธิโครงการหลวงได้ขยายงานการผลิตพืชสมุนไพรเมืองหนาวบนที่สูงออกไปในรูปการส่งเสริมสู่เกษตรกรอย่างเต็มรูปแบบ และได้รับการยอมรับจากเกษตรกรค่อนข้างมากแม้ราคาผลผลิตจะต่ำ เพราะเป็นพืชที่ต้องการการดูแลรักษาน้อย ใช้สารเคมีน้อย สามารถเก็บผลผลิตได้หลายครั้ง ทำให้เกษตรกรมีรายได้ตลอดปี

ในปี พ.ศ. 2541 ได้มีการตั้งคณะกรรมการพัฒนาพืชสมุนไพรของมูลนิธิฯ ขึ้น โดยมีภาคเอกชนร่วมเป็นคณะกรรมการ ปกติภาคเอกชนต้องนำเข้าสมุนไพรเมืองหนาว (Herbs) หลายชนิดจากต่างประเทศ ในรูปผลผลิตแห้งและน้ำมันหอมระเหย ภาคเอกชนเหล่านี้ยินดีรับซื้อผลผลิตจากมูลนิธิฯ ถ้ามีคุณภาพดีและมีราคาใกล้เคียงกับราคารับซื้อจากต่างประเทศ จึงนับเป็นช่องทางตลาดพืชสมุนไพรเมืองหนาวของมูลนิธิฯ ในอนาคต

จากการศึกษาเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งพืชสมุนไพร และให้ภาคเอกชนตรวจสอบคุณภาพในต้นปี พ.ศ. 2542 พบว่า ผลผลิตที่ได้ยังมีคุณภาพด้อยกว่าต่างประเทศมาก สาเหตุสำคัญอาจมาจากพันธุ์ปลูกและวิธีการอบแห้งที่ยังไม่เหมาะสม วิธีการอบแห้งที่ได้ผลดีในปัจจุบันคือ Vacuum dry ซึ่งมีต้นทุนการผลิตสูงเกินไป ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้น เพื่อพัฒนาเทคนิคการผลิตพืชสมุนไพรเมืองหนาวในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับแผนการวิจัยระยะที่ 2 นี้จะเป็นรายงานการวิจัยต่อเนื่องจากที่ได้ดำเนินการมาระยะที่ 1 (ปี พ.ศ. 2541-2542) ซึ่งแนวทางการวิจัยจะมุ่งเน้นเฉพาะชนิดพืชที่มีศักยภาพมากขึ้น โดยเป็นการเจาะลึกในส่วนของการคัดเลือกพันธุ์ที่มีคุณภาพดี ตรงตามความต้องการของตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดผลผลิตแห้ง ชาสมุนไพร นอกจากนี้ยังเป็นการวิจัยการเพาะปลูก การจัดการผลผลิตเพื่อควบคุมคุณภาพ การลดต้นทุนการผลิต ครอบคลุมทั้งพืชสมุนไพรเมืองหนาวและพืชพื้นบ้านบนที่สูง ซึ่งมีแนวโน้มพัฒนาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) คัดเลือกพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาว เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกเป็นผลผลิตสด และเป็นวัตถุดิบเพื่ออุตสาหกรรมผลผลิตแห้ง ชาสมุนไพร ตลอดจน ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ของมูลนิธิโครงการหลวง
2) พัฒนาวิธีการเพาะปลูก และจัดการผลผลิต เพื่อควบคุมคุณภาพและลดต้นทุนการผลิต
3) เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพรเมืองหนาวที่ไม่ซับซ้อนสามารถใช้งานได้ในระดับแปลงเกษตรกร

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) มีพันธุ์พืชสมุนไพรคุณภาพดีตรงตามความต้องการของตลาด
2) มีวิธีการเพาะปลูกพืชสมุนไพรเชิงการค้าที่เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้
3) มีเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์สำหรับพืชสมุนไพรที่สามารถใช้เป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป

4. ระเบียบการวิจัย

1) พืชศึกษา ได้แก่ Rosemary, Lavender, geranium, Oregano, Angelica, Mint, Patchouli (พิมเสนต้น) เจียวกู้หลาน ชาหอม ผักเชียงดา ผักฮ้วน และผักแปม
2) พื้นที่ศึกษา
   - ศูนย์พัฒนาพืชผักหนองหอย
   - สถานีวิจัยเกษตรหลวงปางดะ
   - คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2
การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 วิธีการอบแห้งพื้นฐานของเกษตรกร

การตาก อบ ผึ่งลมพืชสมุนไพรควรอยู่ในสถานที่หรือภาชนะที่สะอาด ไม่ควรตากโดยตรงบนพื้นดินหรือพื้นซีเมนต์ หากอบควรอบในอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น ใบควรอบที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ส่วนต้นเปลือกหรือรากใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำมันหอมระเหยหรือสารสำคัญต่างๆ สมุนไพรที่มีสารระเหยง่ายอุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรเกิน 30 องศาเซลเซียส

2.2 ความจำเป็นของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งของโรงงานแปรรูปนั้นจะใช้เครื่องอบแห้งโดยระบบ Vacuum dry ซึ่งให้คุณภาพของผลผลิตแห้งดีมาก แต่ต้นทุนค่อนข้างสูงมาก การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นต้นแบบสำหรับการอบแห้งในระดับของเกษตรกร ให้ได้คุณภาพผลผลิตดี และต้นทุนต่ำ ในการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ในระยะแรกได้พัฒนาชื่อว่า **Herbs I** ซึ่งสามารถรองรับผลิตผลสมุนไพรสดจากเกษตรกรได้

2.3 คุณลักษณะของเครื่องอบแห้งที่พัฒนาได้ Herbs I

ความยาว	12	ม.
ความกว้าง	2	ม.
พื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์	10	ตรม.
พื้นที่อบแห้งผลผลิต	13	ตรม.
ปริมาตรอากาศร้อนจากห้องรับพลังงาน	9.85	ลบ.ม.
อัตราการไหลของอากาศ	400 – 1,000	ลบ.ม./ชม./นาที
อุณหภูมิในตู้สูงกว่าภายนอกตู้มากที่สุด	30	°ซ
ความแตกต่างความชื้นในอากาศในตู้และนอกตู้สูงสุด	10	%RH

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้ง Herbs I ขณะอบแห้ง Chamomile

2.4 ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง Herbs I

เครื่องอบแห้ง Herbs I สามารถอบแห้งพืชสมุนไพรได้ครั้งละ 5-10 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และใช้เวลาเพียงในการทำแห้งเพียง 1-2 วัน ในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้ใช้ประโยชน์เครื่องอบแห้ง Herbs I ในการทำแห้งพืชสมุนไพรหลายชนิด ได้แก่ คาโมมาย เจียวกู้หลาน โรสแมรี่ ทายม์ ออริกาโน่ เลมอนบาล์ม จากผลการดำเนินการที่ผ่านมา พบว่า สมุนไพรอบแห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้ง Herbs I มีคุณภาพดีตามความต้องการของตลาด กล่าวคือ มีสีเขียวและกลิ่นฉุน

2.5 การใช้ประโยชน์ในระดับศูนย์ของมูลนิธิโครงการหลวง

ปัจจุบันได้มีการนำเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพร Herbs I มาใช้สนับสนุนและรองรับสมุนไพรสดที่มีเกินความต้องการของตลาดในบางฤดู นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในการผลิตสมุนไพรอบแห้งเชิงการค้าให้กับศูนย์ฯ สะโง๊ะ ทุ่งเริง และแม่หลอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 การพัฒนาเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพร Herbs II

ในปัจจุบันความต้องการพืชสมุนไพรอบแห้งในตลาดเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับพืชสมุนไพรสดที่เกษตรกรในพื้นที่ความรับผิดชอบของมูลนิธิโครงการหลวงผลิตได้มีปริมาณมากขึ้น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs I) ที่มีอยู่เดิมมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถผลิตสมุนไพรอบแห้งในเชิงการค้าได้มากยิ่งขึ้น และมีคุณภาพดี

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) มาใช้ประโยชน์ในการอบแห้งพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น โรสแมรี่ มินต์ ทายม์ เลมอนทายม์ เลมอนบาล์ม ฯลฯ เพื่อส่งจำหน่ายให้กับ กองทุนผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพร มูลนิธิโครงการหลวง โดยมีรายละเอียดคุณลักษณะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) ดังต่อไปนี้

2.6.1 คุณลักษณะของเครื่องอบแห้ง Herbs II

ความยาวตู้อบ	2.40	ม.
ความกว้างตู้อบ	2.40	ม.
พื้นที่อบแห้งผลผลิต	24	ตรม.
(ชั้นตะแกรงขนาด 1 x 1 เมตร, 1 ชั้นมี 4 ตะแกรง, 6 ชั้น)		
พื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์	42	ตรม.
อุณหภูมิภายในตู้อบ	44	องศาเซลเซียส
พื้นที่สำหรับผึ่งพืชก่อนอบแห้ง	26.4	ตรม.
(ชั้นตระแกรงขนาด 2.4 x 2.2 เมตร, จำนวน 5 ชั้น)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ก



ข



ค



ง

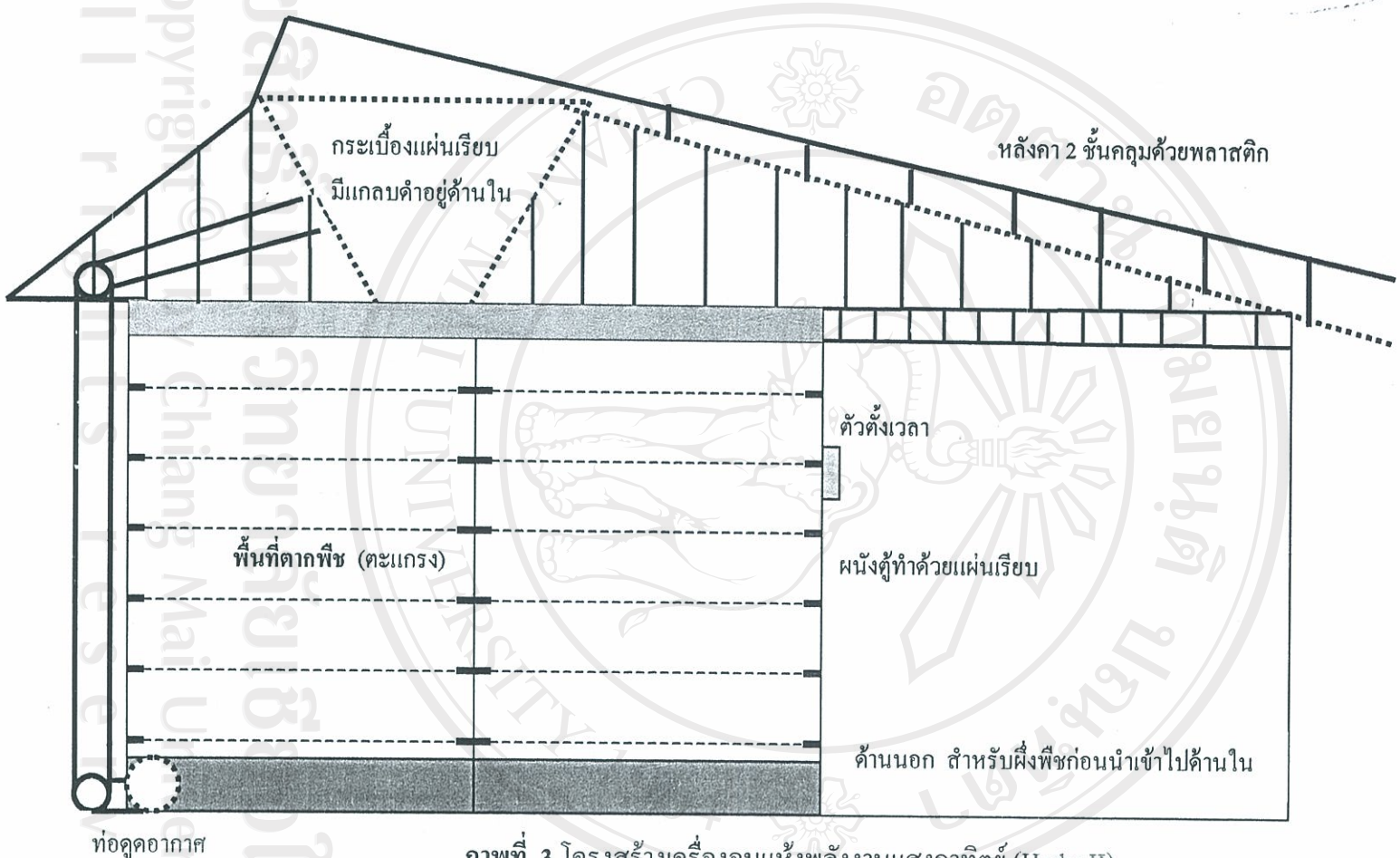


จ



ฉ

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Herbs II ภายใน (ก) ตะแกรงสำหรับตากพืช (ข) หลังคาพลาสติก (ค) ท่อดูดความร้อนจากหลังคา (ง) พัดลมดูดอากาศ (จ) ตัวตั้งเวลา



ภาพที่ 3 โครงสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II)

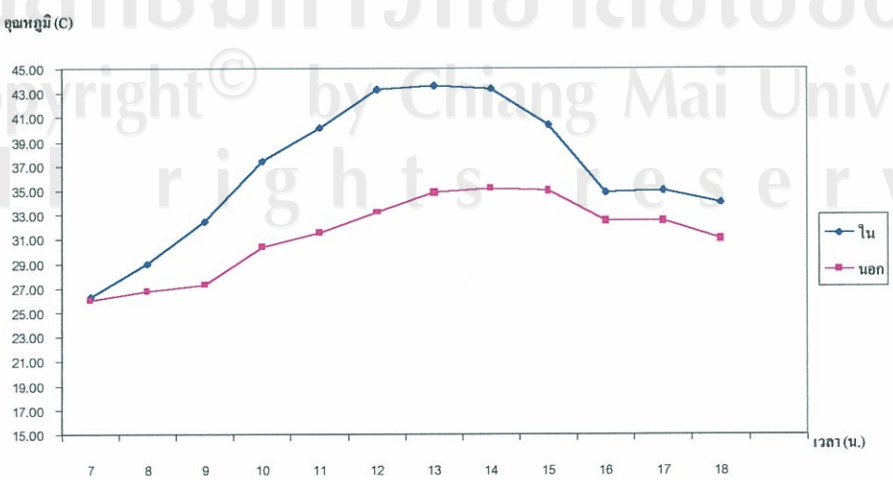
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.2 ประสิทธิภาพด้านการควบคุมอุณหภูมิของ (Herbs II)

จากการทำการตรวจวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Herbs II ในวันที่มีแสงแดดจัด ตั้งแต่เวลา 7.00 - 18.00 นาฬิกา ซึ่งทำการสุ่มอุณหภูมิภายใน 3 จุด ได้แก่ ด้านหน้า ตรงกลาง และ ด้านข้าง พบว่า มีอุณหภูมิสูงสุด ณ เวลา 13.00 – 14.00 นาฬิกา อยู่ที่ 43.8-44.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่มีอุณหภูมิภายนอกสูงสุด 35.2 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 14.00 นาฬิกา (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II)

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิภายใน (°C)			อุณหภูมิภายนอก (°C)
	ด้านหน้า	ตรงกลาง	ด้านข้าง	
7.00	26.2	26.0	26.5	26.0
8.00	28.0	29.5	29.3	26.7
9.00	31.5	32.3	33.5	27.2
10.00	36.3	37.5	38.3	30.4
11.00	38.8	39.8	41.7	31.5
12.00	42.8	42.6	44.5	33.2
13.00	42.5	**43.8**	**44.6**	34.8
14.00	**43.8**	42.3	44.0	**35.2**
15.00	41.0	40.0	40.0	35.0
16.00	35.0	34.5	35.0	32.5
17.00	35.0	35.0	35.0	32.5
18.00	34.0	34.0	34.0	31.0
เฉลี่ย	**36.24**	**36.44**	**37.20**	**31.33**



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ Herbs II ในช่วงวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.3 วิธีการใช้ประโยชน์เครื่องอบแห้งพืชสมุนไพร Herbs II

หลักการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) มีหลักการทำงานโดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบแผ่นพลาสติกที่คลุมไว้ (ด้านในเป็นสีดำ ด้านบนปิดด้านพลาสติกใส) โดยมีแกลบดำเป็นวัสดุสะสมความความร้อนอยู่ข้างใน วัสดุสีดำนี้สามารถดูดและถ่ายเทความร้อนได้ดีมาก ความร้อนก็จะส่งผ่านลงมาด้านล่างโดยใช้พัดลมดูดอากาศเข้าเพื่อที่จะพัดพาอากาศจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้อากาศและอุณหภูมิภายในตู้อบมีการหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ และพืชสมุนไพรที่ตากอยู่ภายในจะได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน ในการเปิดพัดลมดูดอากาศช่วยเพื่อให้ความร้อนจากด้านบนไหลลงมาสู่ด้านล่างนี้ได้ทำการตั้งเวลาไว้ตั้งแต่เวลา 7.00 – 17.00 น.

การใช้ประโยชน์ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) ใช้อบแห้งพืชสมุนไพรต่างๆ เพื่อจำหน่ายให้แก่ลูกค้า เช่น โรสแมรี่ เจียวกู้หลาน ลาเวนเดอร์ ชาหอม มินต์ ทายม์ ฯลฯ โดยเฉลี่ย 50ครั้ง/ปี โดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) มีความจุพืชแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 2 และยังพบว่าพืชสมุนไพรอบแห้งแต่ละชนิดมีสีเขียว ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพอากาศของแต่ละช่วง อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นี้อยู่ระหว่าง 26-44 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งพืชสมุนไพรโดยทั่วๆ ไป

ตารางที่ 2 ชนิด ปริมาณ และมูลค่าโดยประมาณของพืชสมุนไพรที่อบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II)

ชนิดพืช	ความจุ (กก./ครั้ง)	ปริมาณพืชสด/ปี (กก.)	มูลค่าสด/ปี (บาท)	ราคาแห้ง/กก. (บาท)	มูลค่าผลผลิตแห้ง/ปี (บาท)
เจียวกู้หลาน	50 - 60	2,600	182,000	1,100	286,000
โรสแมรี่	40 –50	2,080	187,200	850	252,450
มินต์	50 – 60	2,600	156,000	800	260,000
คาโมมาย	50 – 60	2,600	182,000	800	244,000
เลมอนบาล์ม	50 – 60	2,600	78,000	650	177,450
ทายม์	50 - 60	2,600	130,000	650	241,150
เลมอนทายม์	50 - 60	2,600	130,000	750	259,500
เสจ	50 - 60	2,600	104,000	600	195,000
ลาเวนเดอร์	50 - 60	2,600	130,000	750	278,250

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่อบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Herbs II) ชาหอม (ก) มินต์ (ข) ออริกาโน่ (ค) ทายม์ (ง) เจียวกู้หลาน (จ) เลมอนทายม์ (ฉ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 ต้นทุนโดยประมาณของเครื่องอบแห้งสมุนไพร (Herbs II) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

• พัดลมดูดอากาศ 1/3 แรง	2,800 บาท
• เครื่องตั้งเวลา (ยี่ห้อ Multimat รุ่น DIEHL)	2,000 บาท
• สังกะสีทาสีดำ (ดูดความร้อน)	2,500 บาท
• พลาสติกคลุมหลังคา	800 บาท
• ตระแกรงสำหรับตากพืช	3,000 บาท
• เหล็กฉาก (สำหรับทำชั้นวางตะแกรงตาก)	1,500 บาท
• เสา 6 ต้น	2,100 บาท
• กระเบื้องแผ่นเรียบ	6,600 บาท
• ท่อดูดอากาศ (ขนาด 8 นิ้ว) และข้อต่อต่างๆ	500 บาท
• สีดำ 2 กระป๋อง (กระป๋อง 4 ลิตร)	700 บาท
• ที่ล็อคหลังคาพลาสติค 60 ตัว	420 บาท
• แกลบดำ (ดูดความร้อนโรยด้านบนหลังคา)	300 บาท
• โครงเหล็กโรงเรือน	4,000 บาท
• พื้นซีเมนต์ 22.08 ตารางเมตร	2,500 บาท
• ที่สำหรับผึ่งพืชก่อนนำเข้าไปด้านในตู้	1,500 บาท
• ค่าแรงเหมาจ่าย	10,000 บาท
รวม	**41,220 บาท**

อุปกรณ์ติดตั้งต่างๆ ประกอบด้วย

- พัดลม (ดูดอากาศ)
- ชุดควบคุมเวลา
- ตะแกรงสำหรับตากพืช (พลาสติกสีดำ รูมี ∅ประมาณ 2 เซนติเมตร))
- แกลบดำ (สำหรับดูดความร้อนอยู่ด้านบนหลังคา)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3
การผลิตเชิงการค้าพืชสมุนไพรเมืองหนาวและพืชสมุนไพรบนพื้นที่สูง

3.1 การผลิตโรสแมรี่ (Rosemary : *Rosemarinus officinalis*) เชิงการค้า

3.1.1 ลักษณะทั่วไป

โรสแมรี่จัดเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง มีอายุยืน ใบมีลักษณะยาวรีที่มีต่อมน้ำมันมากมาย เมื่อสัมผัสจะรู้สึกเหนียว ดอกขนาดเล็กออกตามซอกใบ มีสีชมพูอมม่วง เป็นดอกช่อ 5-10 ดอกต่อช่อ (ภาพที่ 5) โรสแมรี่สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยเมล็ด ทำให้ได้ลักษณะต้นที่แตกต่างกันไป ลักษณะ การเจริญเติบโต ความสามารถในการทนฝน พบโรสแมรี่ 5 ชนิด ที่มีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากจะมีลักษณะแตกต่างกันจากที่สังเกตเห็นแล้ว ยังพบอีกว่ามีความแตกต่างด้านคุณภาพและปริมาณน้ำมันหอมระเหยด้วย ดังนี้



ก



ข

ภาพที่ 6 ต้นโรสแมรี่อายุ 5 ปี (ก) ดอกโรสแมรี่ (ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 โรสแมรี่ทั้ง 5 ชนิด

ชนิด	ภาพ	ลักษณะที่พบ	% ผลผลิตแห้ง	% oil ของพืชสด	% oil ของพืชแห้ง
No. 1		ใบเรียวเล็ก ยาว ปลายใบแหลม มีลักษณะ โค้งเล็กน้อย สีเขียวเข้ม ผิวใบหยาบ ก้านแข็ง ทำให้ทรงพุ่มมีลักษณะตั้งเป็นพันธุ์ดังเดิมของมูลนิธิฯ มีลักษณะเด่นคือทนฝน	18.06	0.9	1.2
No. 2		ใบเรียว แต่ด้านกว้างใบค่อนข้างใหญ่กว่า No. 1 ปลายใบโค้งมน ผิวใบหยาบน้อยกว่า No. 1 สีเขียว ก้านใบค่อนข้างอ่อน ทรงพุ่มมีลักษณะแผ่ออก	19.48	0.5	1.6
No. 3		ใบเรียวยาว มี wax ชัดเจน ทรงพุ่มตั้งชัน ก้านแข็ง ใบอ่อนนุ่ม	12.33	0.45	2.8
No. 4		ใบเรียวยาว ปลายใบโค้งมน ข้อใบถี่ ก้านแข็ง ทรงพุ่มมีกิ่งตั้ง และกิ่งที่แผ่ออก ด้านข้าง	11.87	0.8	3.46
No. 5		ใบเรียวเล็ก คล้าย No. 1 แต่สีใบอ่อนกว่า ก้านอ่อนกว่า	12.88	0.85	2.38

หมายเหตุ : พืชทดลองอายุ 1ปี , กลั่นด้วยชุดกลั่นชนิดเครื่องแก้วขนาดบรรจุ 1 ลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาจะพบว่าโรสแมรี่เป็นพืชที่ไม่ทนฝน เกิดอาการเน่าเสียหายอย่างมาก ได้คัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดี ทนฝน นำไปขยายพันธุ์ต่อด้วยวิธีขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ต่อไป

การปักชำสามารถทำได้ในกระโจมพลาสติกที่รักษาความชื้นและอุณหภูมิให้สูงสม่ำเสมอตลอดปี ร่วมกับการใช้ฮอร์โมนเร่งราก เช่น Rootgro หรือ IBA 100, 250, 500 ppm พบว่าสามารถกระตุ้นให้ยอดปักชำออกรากได้ภายใน 21 วันและมีลักษณะของรากที่สมบูรณ์ดี สามารถถอนจากแปลงขยายพันธุ์ไปปลูกได้โดยตรงในแปลงปลูก โดยไม่ต้องชำกล้าในถุงพลาสติกก่อน เป็นการลดขั้นตอนและลดต้นทุนการผลิตกล้าให้ต่ำลงมาก

ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรสามารถขยายพันธุ์ได้เอง และเพาะปลูกในเชิงการค้าได้ดี ซึ่งในระยะแรกมีการจำหน่ายโรสแมรี่เฉพาะรูปผลผลิตสดเท่านั้น ปริมาณความต้องการผลิตสดน้อย ต่อมาได้มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเครื่องเทศแห้งและน้ำมันหอมระเหย ทำให้เกษตรกรสามารถตัดเก็บเกี่ยวได้ปริมาณมากขึ้น โรสแมรี่ที่อบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณผลผลิตแห้ง 11.80-28.09 % และมีปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.24-0.47 % ของพืชสด





ภาพที่ 7 เกษตรผู้ปลูกโรสแมรี่ส่งผลิตสดเข้าโรงงานแปรรูปเพื่ออบแห้งและกลั่นน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 8 โรสแมรี่ที่ไม่ทนต่อสภาพฝนตกหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อสนับสนุนการผลิตกล้าพันธุ์จำนวนมาก มีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ที่ต้องการ โรสแมรี่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ส่วนยอดหรือข้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ร่วมกับ BA 1.0 มก/ล และโพรลีน 2.0 มก/ล เพื่อให้ได้ปริมาณยอดจำนวนมาก จากนั้นตัดเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมน เพื่อกระตุ้นให้เกิดราก รวมใช้ระยะเวลาประมาณ 90 วัน จะได้ต้นพันธุ์ที่สมบูรณ์เพื่อย้ายปลูกในสภาพปกติต่อไปได้



ภาพที่ 9 การขยายพันธุ์โรสแมรี่ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การผลิตลาเวนเดอร์ (Lavender : *Lavender sp.*) เชิงการค้า

3.2.1 ลักษณะทั่วไป

ลาเวนเดอร์เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กมีอายุยืน ลำต้นเป็นไม้เนื้อแข็ง มีกลิ่นหอม สูงประมาณ 1.5 – 4 ฟุต แตกกอเป็นพุ่ม แตกกิ่งได้ดี ใบมีสีเขียวเหลืองอมเทา มีขนละเอียด ลักษณะใบแคบเรียวยาว มีกลิ่นหอมทั้งต้น ใบ และดอก โดยปกติช่อดอกมีสีน้ำเงินเข้มหรือสีม่วงอ่อน

ลาเวนเดอร์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ได้แก่ การนำน้ำมันของลาเวนเดอร์มาใช้รักษาบาดแผล แผลเปื่อยและรักษาอาการเจ็บระบม ดอกแห้งสามารถนำมาใช้ไล่แมลง ใช้ทำเป็นถุงหอม ใช้เป็นส่วนผสมทำสบู่หอม น้ำยาดับกลิ่น นำมาผสมน้ำอาบและในทางการแพทย์นำมาใช้แก้อาการวิงเวียนศีรษะ (Edinger, 1975) ใช้ผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นโดยมีฤทธิ์เป็น antiseptic ใส่ในยาช่วยชะลอโรคอัมพาต รักษาโรคปวดหัว ระบบทางเดินอาหารและอาการนอนไม่หลับ นอกจากนี้ยังมีการทำเป็นชาดื่มเพื่อรักษาโรคหวัด (Gardner, 1935)

น้ำมันลาเวนเดอร์คุณภาพดีที่สุด ได้มาจากการกลั่นด้วยไอน้ำของช่อดอกของต้นลาเวนเดอร์พันธุ์ที่เรียกว่า True Lavender ได้มาจากลาเวนเดอร์ของอังกฤษ *Lavendula angustifolia* L. "Vera" และลูกผสมพันธุ์พิเศษที่ผลิตขึ้นมา ซึ่งมีกลิ่นหอมของลาเวนเดอร์ที่เป็นที่รู้จักดีกันอยู่แล้ว น้ำมันลาเวนเดอร์นี้จะมีกลิ่นหอมแรงกว่าดอกลาเวนเดอร์สด น้ำมันลาเวนเดอร์ที่เป็นการค้าได้มาจากลาเวนเดอร์ 2 สายพันธุ์ คือ *Lavendula* viz. *L.* angustifolia syn *L. officinalis*) ซึ่งโดยปกติเรียกลาเวนเดอร์จริง (True Lavender) และ *L. latifolia* หรือ Spike Lavender. การผสมของ 2 ชนิดนี้เรียกว่า Lavendin หรือ L. hybrida ชนิดอื่นๆ ได้แก่ *L. viridis L. stoechas* (Kumar, 1997)

การคัดเลือกลาเวนเดอร์ พบว่า ลาเวนเดอร์ที่ปลูกโดยมูลนิธิโครงการหลวงมีด้วยกันมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน กลิ่นแตกต่างกันด้วย ต้นลาเวนเดอร์มีดอกที่สวยงามจัดเป็นพืชที่ใช้เป็นไม้ประดับสวนได้อย่างดี ลาเวนเดอร์เจริญเติบโตได้ดีมากที่มีอุณหภูมิต่ำ ระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 masl เป็นต้นได้ อย่างไรก็ตามในระยะกล้าพบว่าสามารถผลิตได้ในพื้นที่ราบได้ ขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เมล็ดลาเวนเดอร์มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำมาก จึงจำเป็นต้องมีกรรรมวิธีกระตุ้นการงอกช่วยด้วย ซึ่งในการทดลองเบื้องต้นพบว่าฮอร์โมนจิบเบอร์เรลลินสามารถกระตุ้นการงอกได้ (รายละเอียด จะนำเสนอในผลงานวิจัยปี 2545 ต่อไป)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Lavendula intermedia



Lavendula stoechas x viridus "Fathead"



Lavendula stoechas "Snowman"



Lavendula stoechas ssp.pedunculata

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Lavendula stoechas "French lavender"



Lavendula angustifolia "Princess blue"



Lavendula "Fathead"



Standard lavender

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Lavendula angustifolia "little lotte"



Lavendula "Rosea"



Lavendula angustifolia "vera"



Lavendula "Avenvier"

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Lavender christiaus

ภาพที่ 10 ลาเวนเดอร์ชนิดต่างๆ

เพื่อสนับสนุนการผลิตกล้าพันธุ์จำนวนมาก มีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ที่ต้องการลาเวนเดอร์ สามารถขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ส่วนยอดหรือข้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ร่วมกับ BA 0.5 มก/ล และPVP 100 มก/ล เพื่อให้ได้ปริมาณยอดจำนวนมาก จากนั้นตัดเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมน เพื่อกระตุ้นให้เกิดราก รวมใช้ระยะเวลาประมาณ 90 วัน จะได้ต้นพันธุ์ที่สมบูรณ์เพื่อย้ายปลูกในสภาพปกติต่อไปได้



ภาพที่ 11 การขยายพันธุ์ลาเวนเดอร์ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การผลิตเจอราเนียม (Geranium : *Pelargonium graveolens* (L.) Hervitt เชิงการค้า

3.3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้นเจอราเนียมเป็นพืชหอมชนิดหนึ่ง อยู่วงศ์ Geraniaceae เป็นพืชน้ำมันหอมระเหยที่นิยมทั่วโลกโดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำหอม มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการปรุงอาหาร นอกจากนี้ใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำเพื่อใช้ล้างมือในร้านอาหาร เป็นส่วนผสมของบุหงา และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมอีกมากมาย(www.msue.msu.edu/msue/lmp/mod03/039000/9/) เจอราเนียมกลิ่นกุหลาบ (Rose Geranium) นี้จัดอยู่ในประเภท Scented – leaved geranium ซึ่งเป็นประเภทที่ใบมีกลิ่นหอม ปลูกไว้โดยไม่ต้องการดอก เพราะดอกจะมีขนาดเล็ก แต่ใบจะมีกลิ่นหอมเหมาะที่จะพัฒนาเป็นพืชน้ำมันหอมระเหย สำหรับผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพรของมูลนิธิฯ ต่อไป

รายงานนี้จะเป็นการสรุปรวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินงานเกี่ยวกับเจอราเนียมตั้งแต่การขยายพันธุ์ การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว ตลอดจนการกลั่นน้ำมันหอมระเหย ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาเจอราเนียมเชิงการค้าอย่างครบวงจรต่อไป

1. การขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

เจอราเนียมสามารถใช้ได้ทั้งส่วนยอด ข้อ และก้านใบ โดยฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอรอกซ์ 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที เมื่อศึกษาอิทธิพลของ BA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของยอดโดยเติม BA ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.25 และ 0.5 มก/ล ในอาหารสูตร MS พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.25 มก/ล มีจำนวนยอดเกิดขึ้นมากที่สุด คือ 6.2 ยอด และมีความยาวยอดสูงสุด คือ 1.64 ซม. จึงเป็นสูตรเหมาะสมในการเพิ่มจำนวนยอด ส่วนการกระตุ้นการเกิดราก พบว่ารากสามารถเจริญเติบโตได้ดี หลังจากย้ายปลูกบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมน



ภาพที่ 12 เจอราเนียมในสภาพปลอดเชื้อ และเมื่อย้ายปลูก

ในการผลิตเชิงการค้ามีความต้องการต้นกล้าพันธุ์จำนวนมาก จึงได้ทำการศึกษาต่อโดยใช้ส่วนของใบเจอราเนียมที่เหลือทิ้งจากการตัดเลี้ยงมาชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากอีก ซึ่งเมื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่มี BA 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0.5, 1.0, 2.0 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้น 0.05 มก./ล. และไม่มี 2,4-D พบว่าสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสและยอดได้ โดยที่เนื้อเยื่อบริเวณโคนก้านจะเริ่มบวมพองและมีขนาดใหญ่ขึ้น การผสม 2,4-D ทำให้แคลลัสมีขนาดเล็ก การเกิดยอดช้า ยอดมีลักษณะผอมเรียว สีเขียวเข้มเล็กน้อย และมีจำนวนยอดน้อยกว่าไม่เติม 2,4-D เพราะความเข้มข้นไม่เหมาะสมหรือมากเกินไป ส่วน BA เป็นไซโตไคนินสังเคราะห์ที่ช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ (พีรเดช, 2537) ทำให้ขนาดแคลลัสเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ BA ที่สูงขึ้น ดังนั้นการเพาะเลี้ยงใบเจอราเนียมสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสและยอดได้ดีที่สุดในอาหาร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มก/ล หรือ 2.0 มก/ล ที่ไม่มี 2,4-D

2. การขยายพันธุ์ด้วยวิธีปักชำ

เจอราเนียมเป็นพืชที่มีลักษณะอวบน้ำ ไม่มีเนื้อไม้ พบว่า สามารถปักชำได้ทั้งส่วนยอดและกิ่ง กิ่งอ่อนกึ่งแก่ จะใช้ฮอร์โมนเร่งรากหรือไม่ก็ได้ โดยการตัดท่อนพันธุ์ขนาดประมาณ 8-10 เซนติเมตร แช่ท่อนพันธุ์ในสารละลายเบนเลทเพื่อป้องกันการเข้าทำลายโดยเชื้อรา ปักชำในวัสดุเพาะชำที่มีการระบายน้ำดี ประมาณ 30-45 วัน กิ่งชำจะมีรากยาวประมาณ 8-10 เซนติเมตร การใช้กิ่งพันธุ์ส่วนยอดมีแนวโน้มให้รากกิ่งชำที่มีรากแขนงมาก ในกรณีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกิ่งชำมีเปอร์เซ็นต์รอดตายสูงถึง 80-100 เปอร์เซ็นต์ เจอราเนียมไม่ชอบน้ำขังจะทำให้กิ่งชำเน่าเสียหายอย่างรวดเร็วมีเปอร์เซ็นต์เสียหายสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนมีนาคมสามารถปักชำได้ดี และนำไปปลูกในสภาพแปลงในช่วงเดือนพฤษภาคม พบว่ามีเปอร์เซ็นต์รอดตาย 64.60 เปอร์เซ็นต์ แต่ในขณะเดียวกันทำการทดลองปักชำในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม (ฤดูฝน) ไม่สามารถปักชำเจอราเนียมได้เลย ท่อนพันธุ์เกิดอาการเน่าเนื่องจากน้ำมากเกินไป



ภาพที่ 13 การปักชำและลักษณะการออกรากของกิ่งปักชำเจอราเนียม

3. การเพาะปลูก

ต้นเจอราเนียมที่เจริญเติบโตที่ระดับพื้นราบ เมื่อปลูกกลางแจ้งมีการเจริญเติบโตแตกต่างจากการถูกพรางแสงคือ มีลักษณะของต้นที่เล็กกว่า ข้อปล้องสั้น แต่มีจำนวนกิ่งและใบ รวมถึงน้ำหนักใบและน้ำหนักรวมทั้งต้นมากกว่า แสดงให้เห็นว่าต้นเจอราเนียมเป็นพืชอวบน้ำสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีแสงแดดจัดได้ ต้นเจอราเนียมที่ปลูกกลางแจ้งอายุ 3 เดือน จะมีความสูง 32.39 เซนติเมตร มีน้ำหนักผลผลิตรวม 450.93 กรัม/ต้น เป็นน้ำหนักใบ 202.53 กรัม/ต้น

เมื่อนำมาศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยใช้วิธีกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบต้มกลั่น (Water distillation) การพรางแสงไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยรวมอยู่ในช่วง 0.089 – 0.106 % โดยน้ำหนักสด ซึ่งส่วนของใบเป็นส่วนที่มีปริมาณน้ำมันหอมมากกว่าส่วนของก้าน เพราะฉะนั้นการปลูกเจอราเนียม เพื่อการผลิตน้ำมันหอมระเหยต้องคำนึงถึงปริมาณใบเป็นสำคัญ

เจอราเนียมที่ปลูกบนพื้นที่สูง การพรางแสงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง แต่ทำให้ข้อปล้องยาว มีจำนวนใบ และพื้นที่ใบต่อต้นลดลง แสดงให้เห็นว่าเจอราเนียมสามารถเจริญเติบโตในสภาพกลางแจ้งที่ระดับความสูง (1,000 masl) ได้ดีเช่นกัน ส่วนระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร ต้นเจอราเนียมจะมีความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบมากกว่าระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร นอกจากนั้นการปลูกเจอราเนียมที่สภาพกลางแจ้งและระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร ได้น้ำหนักสดมากกว่า โดยมีน้ำหนักรวมประมาณ 439.87 - 450.93 กรัม แบ่งเป็น น้ำหนักใบ 197.27 - 202.53 กรัม และน้ำหนักก้าน 236.60 - 248.40 กรัม หรือมีน้ำหนักใบคิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม

ตารางที่ 4 น้ำหนักรวม (กรัม) ของต้นเจอราเนียม เมื่อปลูกกลางแจ้ง พรางแสง 1 ชั้น และ พรางแสง 2 ชั้น ที่ระดับความสูง 1,000 masl

ระยะปลูก	กลางแจ้ง	พรางแสง 1 ชั้น	พรางแสง 2 ชั้น	รวม
30 x 30	293.363	265.656	154.930	237.983 b
50 x 50	608.492	378.024	324.104	436.873 a
รวม	450.928 a	321.840 b	239.517 b	

ค่าเฉลี่ยในแถวและคอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 14 สภาพต้นเจอราเนียมในแปลงทดลองที่ระดับ 1,000 masl.

เจอราเนียมที่ปลูกในพื้นที่สูงนี้ การพรางแสงไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย มีปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.120-0.144 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักสด โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ได้จากส่วนใบเจอราเนียมเช่นกัน สังเกตว่าระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักสดสูงกว่าระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร มีปริมาณเท่ากับ 0.167 และ 0.120 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะปลูกถี่นี้ จะเพิ่มต้นทุนการผลิตในส่วนของกล้าพันธุ์ขึ้นแต่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมาก (ตารางที่ 5) ดังนั้นความคุ้มทุนจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็นราคากล้าพันธุ์ ราคาน้ำมันหอมระเหย การดูแลรักษา เป็นต้น

ตารางที่ 5 จำนวนต้น น้ำหนักสด และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของเจอราเนียม เมื่อปลูกกลางแจ้งพรางแสง 1 ชั้น และพรางแสง 2 ชั้น ที่ระดับความสูง 1,000 masl

ระยะปลูก	จำนวนต้น/ไร่	น้ำหนักสด(กก/ไร่)	ปริมาณ oil (กรัม/ไร่)
30 x 30	6,670	1,586	2649.0
50 x 50	3,200	1,398	1677.6

เจอราเนียมเป็นพืชที่สามารถตัดเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง พบว่าการตัดเจอราเนียมโดยวิธีรวบตัดหมดนั้นต้นที่เหลืออยู่ในแปลงมีโอกาสตายสูง ดังนั้นจึงทดลองตัดเก็บเกี่ยวโดยเหลือกิ่งไว้ 1 กิ่ง ซึ่งทำให้ต้นมีการรอดสูงและยังแตกกิ่งแขนงใหม่ได้เร็วกว่า ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวครั้งต่อไปเร็วกว่าอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ก ข

ภาพที่ 15 การเก็บเกี่ยวเจอราเนียมวิธีรวบตัด(ก) และ วิธีตัดแบบเหลือกิ่งไว้ 1 กิ่ง(ข)

ระยะเวลาเก็บรักษาชิ้นส่วนพืชก่อนการกลั่นต่อปริมาณน้ำหอมระเหยเจอราเนียมมีผลต่อคุณภาพและปริมาณน้ำมันเจอราเนียมอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำใบเจอราเนียมมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วผึ่งในที่ร่มให้ใบเหี่ยว เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง จะทำให้น้ำหนักสูญเสียไปเฉลี่ยคิดเป็น 9.17 และ 21.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมากลั่นโดยวิธีการต้มกลั่น (Water distillation) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเริ่มนับตั้งแต่ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ น้ำมันหอมระเหยที่ได้ในตอนแรกจะมีสีเขียวค่อนข้างขุ่น เมื่อทิ้งไว้นานๆ น้ำมันหอมระเหยจะมีสีเขียวใส ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการนำใบเจอราเนียมมาผึ่งลมที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำมากลั่น จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือ 0.365 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) จากการนำใบเจอราเนียมสดมากองสุมไว้ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก เป็นเวลา 12 – 24 ชั่วโมง จะทำให้เกิดกระบวนการหมักขึ้นเล็กน้อย และมีการแยกไกลโคไซด์เพื่อเพิ่มผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยให้ได้ปริมาณมากขึ้น(Kumar *et al.*, 1997) การหมักพืชก่อนนำมากลั่นทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดกระบวนการเปลี่ยนสารจาก 1° metabolite เป็น 2° metabolite ซึ่งสารนี้จะเป็นพวกสารให้กลิ่น รสชาติ และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของกรมส่งเสริมการเกษตร (2543)ได้แนะนำการเก็บเกี่ยวตะไคร้หอมโดยตัดใบเหนือพื้นดินประมาณ 25 – 30 เซนติเมตร ตากใบที่ตัดมาไว้ 1 – 2 วัน จะทำให้มีปริมาณ น้ำมันหอมระเหยสูงและมีคุณภาพ นอกจากนี้ยังพบในไพล มินต์ ที่ต้องทำการผึ่งก่อนนำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเจอราเนียม เมื่อผึ่งใบเป็นระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ก่อนการกลั่น

วิธีการกลั่น	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%)
กลั่นทันที	0.178b
ทิ้งไว้ 12 ชม.ก่อนกลั่น	0.365a
ทิ้งไว้ 24 ชม.ก่อนกลั่น	0.172b

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สรุปการศึกษาการผลิตพืชสมุนไพรกรณีของเจอราเนียมได้ดังนี้ การขยายพันธุ์ทำได้โดยนำส่วนยอด หรือข้อของพืช มาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ผสม BA 0.25 มก/ล สามารถเกิดยอดใหม่ได้เฉลี่ย 6.2 ยอด ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ หรือการใช้ใบเจอราเนียมเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มก/ล ชักนำให้เกิดแคลลัส ยอด และ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดได้ดีที่สุดจากนั้นจึงย้ายไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมนเพื่อกระตุ้นราก เป็นระยะเวลาอีก3-4 สัปดาห์ จึงพร้อมย้ายปลูกในวัสดุปลูกผสม ทราย : ขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วน 1 : 1 โดยเลี้ยงไว้ในโรงเรือน ประมาณ 2 สัปดาห์ เมื่อต้นตั้งตัวได้ดี จึงนำไปปลูก หรือขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ ต้นเจอราเนียมเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีแสงแดดจัด ตั้งแต่ระดับ 330-1,000 masl หลังย้ายปลูก 3 เดือนจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้โดยตัดให้เหลือกิ่ง 1 กิ่ง สามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.082-0.184 เปอร์เซ็นต์ การผึ่งในที่ร่มและอากาศถ่ายเทดีประมาณ 12 ชั่วโมง ก่อนที่จะทำการกลั่น จะได้น้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นเป็นถึง 0.365 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 การผลิตออริกาโน่ (Oregano : *Origanum valgare*) เชิงการค้า

3.4.1 ลักษณะทั่วไป

ออริกาโน่เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ข้อปล้องสั้น ลำต้นและใบมีขนปกคลุมมากซึ่งเป็นที่สะสมน้ำมันหอมระเหย บริเวณข้อที่สัมผัสดินจะออกรากได้ง่ายมาก ดอกเกิดที่ปลายกิ่งมีสีขาวอมชมพู ขยายพันธุ์โดยเมล็ดและแยกกอ นิยมปลูกระยะปลูก 30x 30 เซนติเมตร นาน 4-6 เดือนลำต้นจะแผ่ขยายติดกันเป็นผืนใหญ่ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้ง



ภาพที่ 16 ออริโน่

จากการคัดเลือกออริกาโนในแปลงปลูกพืชสมุนไพรที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงปางดะ พบออริ-กาโน่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ที่มีลักษณะของลำต้นตั้งตรง สายพันธุ์ที่มีลักษณะเลื้อยคลุมดินและมีขนาดใบใหญ่ และสายพันธุ์ที่มีลักษณะเลื้อยคลุมดินและมีขนาดใบเล็ก

ปัญหาของออริกาโน่ที่ปลูกในไทยที่ผ่านมาคือ คุณภาพกลิ่นยังไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า กลิ่นฉุนน้อยกว่าแตกต่างจากสินค้าจากต่างประเทศ จึงยังมีความจำเป็นหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์สมุนไพรเครื่องเทศแห้งต่อไป

ออริกาโน่ที่ปลูกที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 660 masl (สถานีเกษตรหลวงปางดะ) เมื่อนำมาทำแห้ง มีปริมาณผลผลิตแห้งเท่ากับ 19.52-26.62 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักสด มีกลิ่นไม่ฉุนมากนัก

เพื่อสนับสนุนการผลิตกล้าพันธุ์จำนวนมาก มีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ที่ต้องการ ออริกาโน่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ส่วนยอดหรือข้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร 1/2MS ร่วมกับ BA 1.5 มก/ล และ IBA 0.01 มก/ล เพื่อให้ได้ปริมาณยอดจำนวนมาก จากนั้นตัดเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมน เพื่อกระตุ้นให้เกิดราก รวมใช้ระยะเวลาประมาณ 90 วัน จะได้ต้นพันธุ์ที่สมบูรณ์เพื่อย้ายปลูกในสภาพปกติต่อไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 การปลูกตังกุย (*Angelica acutiloba*) เชิงการค้า

มีตังกุย 3 สายพันธุ์ โดยมาจากแหล่งที่มาที่ต่างกันได้แก่ ตังกุยญี่ปุ่น (พันธุ์ดังเดิมของมูล-นิธิฯ) ตังกุยจีน และตังกุยยุโรป ทั้ง 3 สายพันธุ์มีลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ตังกุยญี่ปุ่น มีขนาดเล็ก เรียวยาว คล้ายเมล็ดข้าว ตังกุยจีน เมล็ดมีลักษณะแบน มีปีกหุ้มเมล็ด ส่วนตังกุยยุโรป เมล็ดขนาดใหญ่ มีร่องเมล็ดเห็นชัดเจน

ตังกุยเป็นพืชตระกูลผักชี สูง 50-80 เซนติเมตร ดอกเกิดเป็นช่อเหมือนร่ม (Umbel) กลีบดอกสีขาว ใบอ่อนใช้รับประทานเป็นผัก รากมีสารที่มีสรรพคุณ บำรุงเลือด บำรุงกำลัง และบรรเทาอาการภูมิแพ้ได้

ตังกุยขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เพาะเมล็ดในแปลงเพาะก่อนย้ายปลูกในแปลงปลูก เมื่อต้นกล้ามีรากประมาณแท่งดินสอหรือประมาณ 3-4 เดือน การย้ายปลูกต้องวางรากเอียงประมาณ 45 องศา เพื่อให้ได้รากแขนงมากขึ้น อีกประมาณ 6-8 เดือนหลังย้ายปลูกก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว) รากตังกุยเปราะและหักง่าย จึงควรเตรียมแปลงปลูกอย่างดี มีการระบายน้ำและอากาศดี ถ้าต้องการเก็บเกี่ยวเพื่อทำยาหรือสกัดสารออกฤทธิ์ จะเก็บเมื่อต้นยุบตัว หรือใบเริ่มเหลือง มีอายุประมาณ 15-18 เดือน



ภาพที่ 17 ตังกุย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6 มินต์

มินต์ของมูลนิธิโครงการหลวงปัจจุบันพบ 5 สายพันธุ์ ได้แก่

1.1 ยูเอสเอมินต์ มีลักษณะใบค่อนข้างกลม ขนาดเล็ก มีสีเขียวเข้มเกือบดำ ลำต้นมีสีดำ เลื้อยทอดคลุมดิน

1.2 เจแปนนิสมินต์ มีลักษณะใบยาวรี มีสีเขียว ลำต้นตั้งตรง มีกลิ่นหอมหวาน

1.3 สเปียร์มินต์ มีลักษณะใบยาวรี มีสีเขียวเข้ม ลำต้นตั้งตรง มีกลิ่นหอมเย็น

1.4 เปปเปอร์มินต์ มีลักษณะใบยาวรี ปลายใบโค้งมน ลำต้นตั้งตรง มีกลิ่นหอมเย็น

1.5 อื่น ๆ มีลักษณะใบยาวรี ปลายใบแหลม มีขนยาว ไม่มีกลิ่นหอม

ทั้ง 5 ชนิด ดังกล่าวมีกลิ่นที่แตกต่างกันชัดเจน



ภาพที่ 18 มินต์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชสมุนไพรท้องถิ่นบนที่สูง

1. การผลิตพิมเสนต้น (Patchouli : *Pegostemon cabin*) เชิงการค้า

ไม้พุ่มขนาดเล็กสูงประมาณ 1 เมตร เจริญเติบโตได้ดีทั้งที่ร่มร่ำไรและแดดจัด ทั้งระดับน้ำทะเลจนถึงที่สูง 1,000 เมตร ใช้ประโยชน์จากใบและกิ่งในรูปของน้ำมันหอมระเหย ในอดีตใช้ใบแห้งใส่ในตู้เสื้อผ้าเพื่อไล่แมลง แต่องค์ประกอบทางเคมีภายในมีฤทธิ์ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ด้วย จึงนิยมใช้ทำยาหลายชนิดทั้งยาภายนอกและยาภายใน

ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบไม้เนื้ออ่อน จึงได้มีการศึกษาวิธีขยายพันธุ์โดยการปักชำ พบว่า กิ่งอ่อนและกิ่งแก่สามารถออกรากได้ง่าย ภายในเวลา 45 วัน ก็สามารถย้ายปลูกในแปลงได้



(ก) (ข)

ภาพที่ 19 ลักษณะทรงพุ่ม(ก) และใบพิมเสน (ข) (Patchouli)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบผลของการพรางแสงต่อสภาพแวดล้อม การเจริญเติบโต และผลผลิตของพิมเสน

หัวข้อศึกษา	ไม่พรางแสง	พรางแสง 1 ชั้น	พรางแสง 2 ชั้น
ความเข้มแสง	100 %	25.46 %	6.04 %
อุณหภูมิ	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน
ความสูง	59.53 %	100 %	90.54 %
จำนวนข้อ	100 %	75.52 %	64.85 %
จำนวนใบ	100 %	99.14 %	34.21 %
พื้นที่ใบ	52.24 %	100 %	38.48 %
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	65.05 %	97.59 %	100 %
ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี	65.67 %	98.50 %	100 %
ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม	65.62 %	98.34 %	100 %
น้ำหนักสด	54.47 %	100 %	37.43 %
น้ำหนักแห้ง	75.36 %	100 %	24.69 %
อัตราส่วนน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง	43.23 %	64.27 %	100 %

หมายเหตุ : เปรียบเทียบโดยให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเป็น 100 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ 1 ชั้น (47- 20,716 lux) จะเหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของพิมเสนโดยจะทำให้ความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม น้ำหนักของผลผลิตสด และน้ำหนักผลผลิตแห้งของพิมเสนเพิ่มขึ้น

พิมเสนอายุ 6 เดือนขึ้นไป ใบจะเริ่มมีกลิ่นหอม สามารถนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ มีปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.8 - 1.58 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง น้ำมันที่ได้มีสีเหลืองใส มีกลิ่นฉุน

2. การผลิตชาหอม (*Strobilanthes* sp. ชื่อพ้อง: อ้ม เนียม) เชิงการค้า

ชาหอมเป็นพืชหอมของจีนฮ่อ นิยมนำมาบริโภคเป็นชา เนื่องจากมีกลิ่นหอมมากคล้ายใบเตย จึงเห็นว่ามีอนาคตดี สำหรับอุตสาหกรรมสารให้กลิ่นในประเทศไทยได้ เนื่องจากเป็นพืชที่หายาก และโดยลักษณะการเจริญเติบโตเหมือนจะออกรากง่าย จึงได้ทดลองเปรียบเทียบส่วนขยายพันธุ์เป็นกิ่งอ่อนและใบ ร่วมกับการใช้ Seradix

ผลปรากฏว่า นอกเหนือจากสามารถขยายพันธุ์โดยวิธีชำกิ่งและการปักชำใบก็ประสบความสำเร็จดีพอควร โดยการใช้ Seradix ทุกเบอร์จะทำให้ชาหอมสร้างรากได้ดีกว่า Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชาหอมเป็นพืชที่จะเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาพร่มเงา เมื่อนำไปปลูกกลางแจ้งจะเกิดอาการใบด่างเหลืองและกลิ่นหอมหายไป



ภาพที่ 20 ทรงพุ่มของชาหอมในสภาพแปลงปลูก



ภาพที่ 21 ลักษณะต้นแสดงใบด่างเหลือง เนื่องจากความเข้มแสงสูงเกิน

ตารางที่ 8 จำนวนรากของชาหอมที่ปักชำนาน 3 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	12.50	42.00	54.00	48.33	39.21a
ใบ	2.17	2.00	3.33	2.67	2.54b
ค่าเฉลี่ย	**7.33**	**22.00a**	**28.67a**	**25.50a**	

ตารางที่ 9 ความยาวรากของชาหอมที่ปักชำนาน 3 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	6.41	4.77	4.23	3.08	4.63a
ใบ	3.88	3.72	4.27	3.45	3.83b
ค่าเฉลี่ย	**5.15a**	**4.24b**	**4.25b**	**3.26c**	

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบผลของการพรางแสงต่อสภาพแวดล้อมและผลผลิตชาหอม

การศึกษา	ไม่พรางแสง	พรางแสง 1 ชั้น	พรางแสง 2 ชั้น
ความเข้มแสง	100%*	50%	25%
อุณหภูมิ	ns	ns	ns
ความชื้นสัมพัทธ์	ns	ns	ns
ความสูง	55%	80%	100%
จำนวนใบ	ns	ns	ns
จำนวนกิ่งแขนง	ns	ns	ns
น้ำหนักสด	29%	100%	100%
น้ำหนักแห้ง	35%	100%	100%
คลอโรฟิลล์รวม	70%	100%	100%
พื้นที่ใบ	43%	100%	100%
ขนาดใบ	26%	62%	100%
ความอวบน้ำ	67%	82%	100%

หมายเหตุ* 100% เท่ากับค่าที่สูงมากที่สุด

ns เท่ากับค่าที่ไม่ต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลอง พบว่า ชาหอมมีการเจริญเติบโตที่ดีในสภาพแวดล้อมที่มีแสงรำไร หรือความเข้มแสง 89-3,510 lux และ 145-14,300 lux ซึ่งเราสามารถนำหลักปฏิบัติเหล่านี้ไปใช้การปลูกชาหอมให้มีคุณภาพและปริมาณผลผลิตที่ดีเพื่อจะได้ปลูกอ้มให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไป

3. ผักฮ้วน(*Dregea volubilis* Stapf.)

ผักพื้นบ้านภาคเหนือ ที่พบเจริญเติบโตโดยทั่วไปบนพื้นที่สูง 300-1,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล เลื้อยคลุมต้นไม้ใหญ่หรือเกาะริมรั้วได้ดี ส่วนที่ใช้บริโภคคือยอดอ่อน และดอกขณะตูม โดยใส่ในแกงปลาแห้ง ดอกออกในช่วงฤดูร้อนถึงต้นฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม)




ภาพที่ 22 ลักษณะของต้น ช่อดอก และการเจริญเติบโตของผักฮ้วน

ผักฮ้วนสามารถขยายพันธุ์ได้ง่ายโดยวิธีปักชำกิ่งอ่อน กิ่งแก่ออกรากยากและมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำ จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของเซราดิกซ์ ต่อการออกรากของกิ่งอ่อน พบว่ากิ่งอ่อนที่ไม่ได้ใช้ฮอร์โมนเร่งรากก็ออกรากได้ดีเท่ากับที่ใช้ฮอร์โมน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงสามารถขยายพันธุ์ผักฮ้วนได้โดยปักชำกิ่งอ่อนและไม่ต้องใช้ฮอร์โมนเร่งรากก็ได้



ภาพที่ 23 ลักษณะการออกรากของกิ่งผักฮ้วน เมื่อปักชำนาน 6 สัปดาห์

จากการศึกษาการปลูกผักฮ้วนแบบไม่ขึ้นค้าง พบว่ามีการเจริญเติบโตน้อยมาก ไม่ให้ผลผลิต ไม่มีดอก ในขณะที่การปลูกแบบขึ้นค้างสามารถเก็บเกี่ยวผลิตได้ และมีดอกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การผลิตผักแปม (*Acanthopanax trofoliatum* Merr.) เชิงการค้า

เป็นผักพื้นเมืองทางภาคเหนือของประเทศเช่นกัน พบเจริญเติบโตโดยทั่วไปตั้งแต่บนพื้นราบถึงบนภูเขาสูง ชอบสภาพร่มเงาและความชื้นสูง ทั้งชาวพื้นราบและชาวเขานิยมนำมาบริโภคเป็นผักสดแบบเครื่องเคียงในอาหารประเภทลาบ ลู่ และน้ำพริก เป็นไม้พุ่มกึ่งเลื้อย ลำต้นและใบมีหนามอ่อนห่างๆเจริญปกคลุมอยู่ทั่วไป ยอดขณะยังอ่อนอยู่หนามจะอ่อนสามารถบริโภคได้ ใบมีรสขมเล็กน้อย (ภาพที่ 24)




ภาพที่ 24 ทรงพุ่ม และยอดอ่อนของผักแปม

สำหรับการขยายพันธุ์โดยวิธีปักชำ พบว่ากิ่งปักชำของผักแปมสามารถสร้างรากใหม่ได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป โดยการใช้กิ่งอ่อนร่วมกับ seradix เบอร์ 2 จะทำให้กิ่งชำมีจำนวนรากมากที่สุด

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยจำนวนรากของผักแปมที่ปักชำนาน 4 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	12.25	13.25	42.00	11.50	**19.75 a**
กิ่งแก่	4.00	3.25	5.50	1.25	**3.50 b**
ค่าเฉลี่ย	**8.13**	**8.25 b**	**23.75 a**	**6.38 b**	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยความยาวรากของผักแปมที่ปักชำนาน 4 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	3.58	3.65	3.88	3.28	**3.59 a**
กิ่งแก่	1.03	0.98	1.68	1.60	**1.32 b**
ค่าเฉลี่ย	**2.30**	**2.31**	**2.78**	**2.44**	

การปลูกผักแปมจะใช้ระยะปลูก 80 x 50 เซนติเมตร สามารถปลูกได้ทั้งกลางแจ้งและร่มรำไร การเก็บเกี่ยวเลือกเก็บเฉพาะยอดอ่อน สามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกเดือน และให้ผลผลิตประมาณ 60-80 กิโลกรัม/ไร่/เดือน

5. การผลิตผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* Decne.) เชิงการค้า

ผักเชียงดาเป็นพืชอายุยืน ชาวบ้านนิยมปลูกไว้ตามรั้ว ในสวนครัวหรือปล่อยให้เลื้อยไปตามค้าง ทนแล้งได้ดี แตกแขนงและยอดได้ตลอดทั้งปี หากแล้งจัดจะทิ้งใบ และแตกยอดใหม่ในฤดูฝน ยอดและใบอ่อนของผักเชียงดาใช้รับประทานได้ทั้งสดและปรุงสุก ผักเชียงดาเป็นไม้เลื้อย ลำต้นสีเขียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 – 5 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยว สีเขียวเข้ม หน้าใบเขียวเข้มมากกว่าหลังใบ ลำต้นสีเขียว ทุกส่วนของต้นที่อยู่เหนือดินมียางสีขาว ขอบใบเรียบหรือมีคลื่นเล็กน้อย ใบมีรูปร่างกลมรี ปลายแหลม ฐานใบแหลม ก้านใบยาว 3.5 – 6 เซนติเมตร ใบกว้าง 9 –11 เซนติเมตร ยาว 14.5 – 18.5 เซนติเมตร ผิวใบเรียบไม่มีขน ใบออกจากข้อเรียงเป็นคู่ตรงกันข้าม (กฤษณา, 2542) ดอกออกเป็นช่อที่ตาซอกใบมีขนาดเล็ก ติดเมล็ดไม่มากนัก พืชผักพื้นเมืองทางภาคเหนือ ที่นิยมใช้ส่วนยอดซึ่งมีรสขมอ่อนๆบริโภคเป็นผัก ใส่ในแกงปลาแห้ง หรือลวกจิ้มกับน้ำพริก ทางเหนือใช้ใบผักเชียงดาตำละเอียดแล้วนำมาพอกกระหม่อม รักษาไข้อาการหวัดหรือนำไปประกอบในตำรับยาแก้ไข้ ในปี 2535 มีชาวญี่ปุ่นได้เข้ามารวบรวมพันธุ์ผักเชียงดาจากท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งนี้เพราะพืชในสกุล (Genus) เดียวกับผักเชียงดามีอีก 4-5 ชนิด และมีรายงานว่าสายพันธุ์หนึ่งคือ *Gymnema sylvestre* ซึ่งเป็นพืชของประเทศอินเดีย และเป็นสมุนไพรดั้งเดิมของชาวอินเดีย มีสรรพคุณลดน้ำตาลในเลือด และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยารักษาโรคเบาหวาน และปัจจุบันบริษัทยาของประเทศญี่ปุ่นได้ผลิตพืชชนิดนี้เป็นยาชงสมุนไพร (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิจัยของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า สารสกัดจากใบผักเชียงดาในขนาด 1, 1.5 และ 2 ก./กก. น้ำหนักตัว สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานได้ดีพอควร นอกจากนี้ยังพบว่ายอดอ่อนของผักเชียงดามีเบต้าแคโรทีนสูง (5,905 ไมโครกรัม/100กรัม) www.thaipun.com/pharcy/age/age.htm

ผักเชียงดาเป็นพืชเถาเลื้อยเกาะพันต้นไม้หรือรั้วลวดหนามได้ดี แตกยอดอ่อนในทุกฤดูกาลถ้ามีการให้น้ำเพียงพอ ฤดูฝนจะเป็นช่วงที่แตกใบอ่อนได้หลายครั้ง จึงมีศักยภาพเพาะปลูกเชิงการค้าได้ ดอกออกเป็นช่อที่ตาซอกใบ ดอกมีขนาดเล็ก ติดเมล็ดไม่มากนัก เพราะฉะนั้นการขยายพันธุ์จึงนิยมใช้กิ่งปักชำ



ภาพที่ 25 ลักษณะยอดอ่อน ดอก ใบและการเจริญเติบโตแบบเถาเลื้อยของผักเชียงดา

จากการทดลองปักชำกิ่งผักเชียงดา โดยเปรียบเทียบระหว่างกิ่งอ่อนที่ยังมีสีเขียว และกิ่งแก่ที่เปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พบว่าทั้งกิ่งอ่อนและกิ่งแก่สามารถออกรากได้ดีตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป โดยกิ่งอ่อนจะออกรากง่ายกว่ากิ่งแก่ มีจำนวนรากถึง 20-25 ราก ภายใน 30 วันและรากจะยาวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อปล่อยทิ้งไว้ในวัสดุปักชำ การใช้ seradix ทุกเบอร์ไม่ช่วยให้มีการพัฒนาของรากได้ดีกว่า control แต่อย่างใด โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่าการขยายพันธุ์ผักเชียงดาสามารถกระทำได้ง่ายโดยวิธีปักชำกิ่งอ่อน ซึ่งจะออกรากพร้อมย้ายปลูกภายใน 30 วัน

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยจำนวนรากของผักเชียงดาที่ปักชำนาน 4 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	20.40	22.40	24.40	26.80	**23.50 a**
กิ่งแก่	6.60	8.40	11.40	5.60	**8.00 b**
ค่าเฉลี่ย	**13.50**	**15.40**	**17.90**	**16.20 ns**	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยความยาวรากของผักเชียงดาที่ปักชำนาน 4 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	เซราดิกซ์เบอร์				ค่าเฉลี่ย
	Control	1	2	3	
กิ่งอ่อน	7.68	8.96	7.52	6.22	**7.60 a**
กิ่งแก่	5.00	4.36	4.66	3.40	**4.36 b**
ค่าเฉลี่ย	**6.34**	**6.66**	**6.09**	**ns**	

ผักเชียงดาที่ปลูกแบบไม่ใช้ค้างผลผลิตจะสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายนมีผลผลิตสดอยู่ระหว่าง 32-60 กิโลกรัม/ไร่/เดือน และผลผลิตสดทั้งปีอยู่ระหว่าง 144-252 กิโลกรัม/ไร่/ปี



ก ข

ภาพที่ 26 แปลงผักเชียงดาแบบไม่ขึ้นค้าง (ก) ยอดผักเชียงดา (ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. การผลิตเจียวกู้หลาน (*Gynostemma pentaphyllum*) เชิงการค้า

พืชสมุนไพรที่นำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทยนานแล้ว โดยนำเข้ามาจากประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่น โดยนำส่วนของใบและเถาไปใช้ในรูปของชา เรียก ชาเบญจขันธ์ ชาปัญจขันธ์ อมาชาซูลู และชาสตูล เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพร่มเงา ตั้งแต่ระดับความสูง 330 เมตร ถึงระดับ 1,400 เมตร นิยมเก็บเกี่ยวทั้งใบและเถาอายุ 3-4 เดือน ไปทำแห้ง หรือนวดและหมักก่อนทำแห้ง ในประเทศจีนมีรายงานว่าในส่วนใบและเถาของเจียวกู้หลาน มีสารองค์ประกอบทางเคมีบางตัวคล้ายในโสมคน จึงมักเรียก "โสมคนใต้" เพราะเจริญเติบโตได้ดีในมณฑลทางภาคใต้ของจีน เช่น คุนหมิง เป็นต้น Fang and Seng(1989) พบว่าในใบและเถาของเจียวกู้หลานมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ กรดมาลิค สารกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์ เช่น รูติน และออมบรูโอไซด และสารพวกซาโปนิน และอื่นๆ มากกว่า 60 ชนิด ซาโบนินดังกล่าวสามารถเสริมภูมิคุ้มกันทำให้มีการสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น เพิ่มจำนวนเซลที่ทำหน้าที่ทำลายเซลมะเร็ง ทำให้ร่างกายแข็งแรง และยังมีสรรพคุณอื่นๆ อีกมากมาย

ในประเทศไทยมีการพบพันธุ์พืชป่าบนภูเขาทางภาคเหนือโดยทั่วไป เช่น อ่างขาง อินทนนท์ เป็นต้น จากลักษณะภายนอก พืชบนภูเขาของไทย จะมีรูปทรงใบเรียวแหลมกว่า และสีใบซีดกว่า รสชาติขมกว่าพันธุ์จากจีนมาก (ภาพที่ 27)

เป็นพืชที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเถาเลื้อยพาดไปกับดินหรือต้นไม้เตี้ยๆ แต่จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าเมื่อเลื้อยไปตามผิวดินเพราะบริเวณข้อที่สัมผัสดินจะออกรากได้ ทำให้ดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดีขึ้น เพราะฉะนั้นการขยายพันธุ์จึงอาจทำได้ง่ายโดยวิธีปักชำข้อ ซึ่งจะใช้เวลา 30-45 วัน ก็จะโตพอย้ายปลูกได้ นอกจากนี้เจียวกู้หลานยังมีส่วนไหล ใต้ดินที่ทอดขนานกับผิวดิน ลักษณะอวบน้ำ สีขาว มีข้อเหมือนส่วนเถาบนดิน เราสามารถใช้ส่วนของไหลนี้ตัดเป็นท่อนยาว 2-3 ข้อ นำไปชำหรือปลูกโดยตรงในแปลงปลูกภายใต้สภาพร่มเงาได้ทันที (ภาพที่ 28



ภาพที่ 27 เจียวกู้หลานจากดอย (ก) และพื้นที่ราบ (ข) เปรียบเทียบลักษณะรูปทรงและสีใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 28 ส่วนของไหลใต้ดิน (ก) และกิ่งชำที่ออกรราก (ข)

ในการศึกษาการขยายพันธุ์เจียวกู้หลานด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าสามารถกระตุ้นให้เกิดยอดจำนวนมากในอาหารวุ้นสูตร MS ร่วมกับฮอร์โมน BA 2.0 มก/ล และนำยอดที่ได้เลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่มีฮอร์โมน เพื่อกระตุ้นให้เกิดราก สามารถย้ายปลูกในสภาพปกติได้ต่อไป

การศึกษาการเพาะปลูกเจียวกู้หลาน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ สูงจากระดับน้ำทะเล 660 masl ได้ปริมาณผลผลิตสดประมาณ 2,808-3,000 กก./ไร่/ 6 เดือน ผลผลิตแห้งคิดเป็น 5.67-1.48 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด

การเจริญเติบโตของเจียวกู้หลานที่ปลูกพื้นราบ (สายพันธุ์การค้า) จะเจริญเติบโตเป็นเถาเลื้อยไปกับระนาบแปลง แตกต่างจากเจียวกู้หลานที่พบจากพื้นที่ดอยอ่างขางซึ่งสามารถยึดเกาะขึ้นในแนวตั้งได้ดีกว่า



ภาพที่ 29 แปลงปลูกเจียวกู้หลานสถานีเกษตรหลวงปางดะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4
ศักยภาพการพัฒนาพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูง

พืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูงได้มีการนำมาปลูกในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวงหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ โรสแมรี่ ลาเวนเดอร์ เจอราเนียม ออริกาโน่ เลมอนทายม์ ทายม์ มาจอแรม เลมอนบาล์ม เสจ คาโมมาย ตังกุยเกาหลี มินต์ พิมเสนต้น เจียวกู้หลาน ไชว์ อิตาเลี่ยนพาร์สเลย์ และชาหอม ซึ่งพืชเหล่านี้มีศักยภาพในทางเศรษฐกิจที่สำคัญ คิดเป็นมูลค่าผลผลิตสดในปี พ.ศ. 2544 รวม 1,278,506 บาท

พืชสมุนไพรเมืองหนาว (Herbs) มีศักยภาพค่อนข้างสูงในการพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรภายใต้การดูแลของมูลนิธิฯ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลายประการ ในแง่การเป็นพืชที่ปรับตัวง่าย สามารถเพาะปลูกได้ในหลายระดับความสูงของพื้นที่ เกษตรกรสนใจเพาะปลูกเพราะเป็นพืชที่ต้องการการดูแลรักษาน้อย เมื่อเทียบกับพืชอื่นของมูลนิธิฯ ใช้สารเคมีเกษตรน้อย ปลอดภัยต่อตัวเกษตรกรเอง ได้รับราคาคืนค่อนข้างดี ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง แต่มีปัญหาคือ ตลาดค่อนข้างแคบ จึงมักมีปัญหาผลผลิตล้นตลาด อย่างไรก็ตามพืชเหล่านี้ก็มีศักยภาพด้านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติหลายชนิด ตามกระแสการปรับตัวเข้าหาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ในปัจจุบันปัญหาและอุปสรรคในการผลิตพืชสมุนไพรเหล่านี้คือ ไม่สามารถขยายการผลิตได้ตามศักยภาพ เนื่องจากข้อจำกัดด้านความต้องการของตลาด ปริมาณรับซื้อมีจำกัดและมีความต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตหลายชนิดไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของตลาด เช่น แก่เกินไป มีโรคและแมลงเข้าทำลาย ส่งผลให้พืชเหล่านั้นไม่สามารถสร้างมูลค่าให้แก่เกษตรกรได้ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องฤดูกาล เนื่องจากพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวให้ผลผลิตเป็นฤดู ในฤดูฝนและร้อนจะไม่มีผลผลิตออกสู่ตลาด แต่ในขณะเดียวกันก็มีความต้องการด้านตลาดสูง ทำให้การส่งผลผลิตออกสู่ตลาดทำได้ไม่เต็มที่ตามความต้องการของตลาด ผลิตภัณฑ์อบแห้งยังมีต้นทุนการผลิตสูงเกินไป ทำให้ไม่สามารถแข่งกับสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ นอกจากนี้สายพันธุ์ที่มีอยู่ยังไม่ตรงกับความต้องการของตลาด เช่น โรสแมรี่ คาโมมาย ออริกาโน่ ทารากอน เกษตรกรบางรายยังต้องการความรู้และเทคนิคเพิ่มเติมเพื่อควบคุมคุณภาพผลผลิต ลดการปลอมปนของเศษวัชพืชในผลผลิต ดังนั้นจึงมีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการพัฒนาระบบการอบแห้งที่มีต้นทุนถูก และคิดว่าเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพรที่มีต้นทุนต่ำและสามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน น่าจะเป็นวิธีที่ดีที่สามารถแก้ปัญหาผลผลิตขาดและล้นตลาดได้ และมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี

จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2543-2544 ทำให้สามารถดำเนินการประสบความสำเร็จในประเด็นดังต่อไปนี้ สามารถพัฒนาเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ใน 2 แบบ คือ Herbs I และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Herbs II ซึ่ง Herbs I ใช้พื้นที่มาก แต่อบแห้งได้เร็ว สัดส่วนพื้นที่รับแสงกับปริมาตรพื้นที่อบแห้งมาก ถ้ามีวัตถุดิบมากๆ การใช้ Herbs I จึงไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพร Herbs II ขึ้นมาเพื่อรองรับผลผลิตพืชสมุนไพรในเชิงอุตสาหกรรม เพราะสามารถรองรับผลผลิตได้ถึง 50-60 กิโลกรัมพืชสดต่อครั้ง ถ้ามีการใช้ประโยชน์เครื่องอบแห้งนี้อย่างเต็มประสิทธิภาพสามารถสร้างมูลค่าได้สูงถึง 286,000 บาทต่อปีต่อพื้นที่โรงอบแห้ง 22.08 ตารางเมตร(พื้นที่ก่อสร้าง)

ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา ได้ทำการศึกษาการผลิตพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูง ได้ดังนี้คือ คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นมาก สายพันธุ์ที่ดีที่ได้คัดเลือกไว้จะถูกนำไปศึกษาวิธีการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และวิธีขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ เพื่อคงลักษณะพันธุกรรมในต้นพืชไว้ สายพันธุ์ที่ดีเท่านั้นที่จะได้รับการคัดเลือกเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกเป็นผลผลิตสดและเป็นวัตถุดิบเพื่ออุตสาหกรรมผลผลิตแห้งชาสมุนไพร ตลอดจนผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

ในการคัดเลือกพันธุ์พืชสมุนไพรเมืองหนาวเพื่อผลิตเชิงการค้า ทำการศึกษาพืชที่มีศักยภาพในเชิงอุตสาหกรรม ได้แก่ โรสแมรี่ ลาเวนเดอร์ เจอราเนียม ออริกาโน่ ตังกุยเกาหลี มินต์ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า โรสแมรี่ที่มีการเพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิฯ มี 5 ชนิด ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันทั้งด้านคุณภาพของผลผลิตและปริมาณน้ำมันหอมระเหย ในการคัดเลือกนี้ได้เลือกสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีความสามารถในการทนต่อฝน ให้ผลผลิตต่อไร่สูง นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงอีกด้วย เพื่อนำพันธุ์ที่มีลักษณะดีดังกล่าวไปขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศต่อไป ในกรณีเจอราเนียมซึ่งเป็นพืชที่ปลูกไว้เพื่อนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากเจอราเนียมเป็นพืชที่อวบน้ำ ไม่มีเนื้อไม้ สามารถขยายพันธุ์ด้วยการปักชำได้ทั้งส่วนยอดและกิ่งกึ่งอ่อนกึ่งแก่ และยังพบว่าการพรางแสงไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย จึงสามารถปลูกได้ในสภาพที่มีแสงแดดจัด 330 – 1,000 เหนือระดับน้ำทะเล และการผึ่งเจอราเนียมในร่มและมีอากาศถ่ายเทดีประมาณ 12 ชั่วโมงก่อนนำมากลั่นจะให้ผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้น 0.365% และในการคัดเลือกลาเวนเดอร์ พบว่า ลาเวนเดอร์ที่ปลูกในพื้นที่มูลนิธิฯ มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะและกลิ่นแตกต่างกัน เนื่องจากลาเวนเดอร์มีดอกที่สวยงามจึงนิยมปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับและจัดสวน นอกเหนือจากการเป็นพืชสมุนไพรแต่ในปัจจุบันได้มีการนำลาเวนเดอร์มาสกัดน้ำมันหอมระเหย ในส่วนของการคัดเลือกพันธุ์มินต์พบว่า มินต์ที่ปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงปัจจุบันพบ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ยูเอสเอมินต์ สเปียร์มินต์ เจแปนนิสต์มินต์ เปปเปอร์มินต์ และอื่นๆ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างชัดเจน การผลิตพืชดังกล่าวในเชิงการค้าได้ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการเพาะปลูก เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ระยะปลูก ความเข้มแสง การจัดการด้านต่างๆ เช่น การเก็บเกี่ยวในส่วนของปัจจัยด้านอายุเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การอบแห้ง การหมักผลผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหย และในกรณีพืชน้ำมันหอมระเหย ได้ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณและคุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยด้วย เช่น สี กลิ่น เป็นต้น แล้วนำไปทดสอบศักยภาพเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

ในการพัฒนาพืชสมุนไพรท้องถิ่นบนพื้นที่สูงได้แก่ เจียวกู้หลาน ชาหอม ผักเชียงดา ผักฮ้วน และผักแปมให้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างแท้จริง เพื่อให้พืชกลุ่มนี้กลายเป็นพืชทางเลือกใหม่ของเกษตรกรบนพื้นที่สูง เนื่องจากพืชเหล่านี้เป็นพืชที่เกษตรกรคุ้นเคยดีอยู่แล้ว และมีภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องอยู่ในหลายระดับ การพัฒนาและส่งเสริมให้เพาะปลูกกระทำได้ง่ายกว่าพืชเมืองหนาวอื่นๆ ปัญหาโรคแมลงจะมีน้อย ทำให้ต้นทุนการผลิตและต้นทุนด้านสารเคมีเกษตรต่ำกว่าปกติด้วย พืชกลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพร่มรำไร และขยายพันธุ์ได้ง่ายด้วยวิธีการปักชำ ผักพื้นบ้านหลายชนิดมีการศึกษาวิจัยว่ามีสรรพคุณในทางการแพทย์ เช่น ในใบและเถาเจียวกู้หลานมีสารสำคัญหลายชนิด เช่น ซาโปนินที่สามารถเสริมภูมิคุ้มกันทำให้มีการสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นจนสามารถทำลายเซลล์มะเร็ง (Fang and Seng, 1989) อีกทั้งยังขยายพันธุ์ได้ง่ายโดยการปักชำข้อและไหล และยอดผักเชียงดามีรายงานว่าสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้ (กฤษณา, 2542) และเป็นผักพื้นบ้านที่มีเบต้าแคโรทีนสูง 5,905 ไมโครกรัม/100 กรัม (www.thaipun.com/pharcy/age/age.html) ผักเชียงดาสามารถปลูกได้ทั้งแบบมีค้างและไม่มีค้าง ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี แต่จะมากในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ผลผลิตสดจะอยู่ระหว่าง 12-21 กิโลกรัม/ไร่/เดือน และตลอดทั้งปีจะมีผลผลิตสด 144-252 กิโลกรัม/ไร่/ปี คิดเป็นมูลค่า 7,200-12,600 บาท/ไร่/ปี (ราคากิโลกรัมละ 50 บาท)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5
สรุป

ในการคัดเลือกพันธุ์พืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศเมืองหนาวบนพื้นที่สูง ได้ทำการศึกษาพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจได้แก่ โรสแมรี่ เจอราเนียม ออริกาโน่ ตังกุยเกาหลี มินต์ พิมเสนต้น เจียวกู้หลาน ชาหอม ผักเชียงดา ผักฮ้วนและผักแปม เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกเป็นผลผลิตสดและเป็นวัตถุดิบเพื่ออุตสาหกรรมผลผลิตแห้ง ชาสมุนไพร ตลอดจนผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป โดยคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดี ทนฝน ทนแล้ง ให้ผลผลิตสูง มีสีและกลิ่นดี เป็นต้น

การพัฒนาวิธีการปลูก และจัดการผลผลิตในกรณีของพืชสมุนไพรเมืองหนาว เช่น เจอราเนียม สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีปักชำโดยใช้ได้ทั้งส่วนยอด และกิ่งกึ่งอ่อนกึ่งแก่ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีแสงแดดจัด ตั้งแต่ 330-1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล หลังย้ายปลูก 3 เดือนเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้โดยตัดให้เหลือ 1 กิ่ง และสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี ส่วนพืชสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ พิมเสนต้น ชาหอม ผักแปม และผักฮ้วน สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพร่มรำไร และสามารถขยายพันธุ์ได้ง่ายด้วยวิธีการปักชำ นอกจากนี้ผักเชียงดาซึ่งมีลักษณะเป็นไม้เลื้อยยังสามารถปลูกแบบไม่มีค้างได้อีกด้วย

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพืชสมุนไพรเมืองหนาวได้นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ Herbs I และ Herbs II ซึ่งมีต้นทุนการสร้างประมาณ 41,220 บาท (Herbs II) และสามารถอบแห้งพืชสมุนไพรได้ครั้งละประมาณ 50-60 กิโลกรัมสดต่อครั้ง และยังทำให้พืชคงสีเขียว และมีกลิ่นหอมฉุน สามารถสร้างมูลค่าผลผลิตแห้งได้สูงถึง 286,000 บาทต่อปี (ในกรณีเจียวกู้หลาน ราคาประมาณ 1,100 บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ. 2543. คู่มือพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 3. กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 29 น.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 211 น.

Kumar N., JBM Md. Abdul Khader, P. Rangaswami and I. Irulappan. 1997. Introduction to Spices, Plantation Crops, Medicinal and Aromatic plants. 22.14 – 22.18 p.

www.msue.msu.edu/msue/lmp/mod03/039000/9/html.)

www.thaipun.com/pharcy/age/age.html

Fang, Z.P. and Seng, X.Y. 1989. Isolation and identification of flavonoids and organic acids from Gynostemma pentaphyllum Makino Chung-Kuo-Yao-Tsa-Chin., Nov 14(11) : 676-678, 703.

เทียมใจ คมกฤส. 2542. กายวิภาคของพฤกษ์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ . 308 หน้า

นิตย์ ศกุนรักษ์. 2542 สรีรวิทยาของพืช. นพบุรีการพิมพ์ เชียงใหม่. 237 หน้า.

พรรนิภา ชุมศรี. 2544. สวนนานาพฤกษสมุนไพร. โครงการวิจัยปลูกและรวบรวมพันธุ์พืชสมุนไพร เภสัช-มหิดล. 240 หน้า

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนและสารสังเคราะห์ แนวทางในการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วิชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ . 196 หน้า

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 63 หน้า

Edinger, P. 1975. How to grow herbs. Lane magazine & book company, california. 66p.

Gardener, Jo Ann. 1935. Herbs in bloom : a guide to growing herbs as ornamental plants. Timper Press, Inc., U.S.A. 394 p.

Lesley Bremness. 1994. Herbs. Dorling kindersley Limited, Londonm112 – 113 p.

Masada, Y., 1976. "Analysis of Essential Oils by Gas Chromatograpy and Mass spectrometry", John Wiley & Sons, New York 334 p.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 รายชื่อพืชสมุนไพรเมืองหนาวที่ปลูกได้ดีในพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง

ลำดับที่	ชนิดพืช	ลำดับที่	ชนิดพืช
1	สวีทเบซิล	11	ทารากอน
2	ออริกาโน่	12	ซัมเมอร์ซาเวอรี่
3	ซอเรล	13	ไชว์
4	อิตาเลี่ยนพาสเลย์	14	ตังกุย
5	เลมอนทายม์	15	เบย์
6	ทายม์	16	โรสแมรี่
7	เสจ	17	มินต์
8	เซอร์วิล	18	เจียวกู้หลาน
9	เลมอนบาล์ม	19	จิงจู้ฉ่าย
10	มาจอแรม	20	ลาเวนเดอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 แหล่งผลิตและปริมาณผลผลิตพืชสมุนไพรในปี พ.ศ. 2544

ลำดับที่	แหล่งผลิต	ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (ม.)	จำนวนชนิด Herbs	จำนวนผลผลิตสด (กก)
1.	หนองหอย	1,200	19	5,351.05
2.	ปางคะ	800	15	3,787
3.	ห้วยลึก	600	9	4,317
4.	อินทนนท์	1,280	13	57.5
5.	ห้วยน้ำริน	995	12	2,153.6
6.	ขุนแปะ	1,035	11	539.66
7.	แม่หลอด	680	6	49.5
8.	ทุ่งเริง	650	8	1,597.5
9.	วัดจันทร์	980	1	439.5
10.	แม่สะป๊อก	500	7	1,758.45
11.	แม่ทาเหนือ	520	1	20
12.	อ่างขาง	1,460	2	1,207.5
13.	ห้วยโป่ง	780	13	1,798

หมายเหตุ : - พื้นที่ส่งเสริมรวมทั้งสิ้น 24 ไร่ 1 งาน

- เกษตรกรเข้าร่วมโครงการ จำนวน 87 ราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 การกระจายตัวของพืชสมุนไพรในพื้นที่ส่งเสริมต่างๆ (พ.ศ. 2544)

ชนิดพืช	หนองหอย	แม่หลอด	ห้วยลึก	อ่างขาง	แม่สะป๊อก	อินทนนท์	ขุนแปะ	แม่ทาเหนือ	ห้วยโป่ง	ห้วยน้ำริน	ทุ่งเริง	ปางดะ	วัดจันทร์	ผลผลิตสดรวม/ปี (กก.)	
														แผน	ผลิตได้จริง
สวีทเบซิล	x	x	x		x		x	x	x			x		3355	3868.95
ออริกาโน	x				x	x	x		x	x	x	x	x	1244.25	2546.45
ซอเรล	x								x	x		x		1885.5	1973.85
อิตาเลียนพาสเลย์	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x		2488.75	3182.60
เลมอนทายม์	x					x	x		x	x	x	x		847.75	1238.55
ทายม์	x		x				x		x	x	x	x		250.5	327.20
เสจ	x				x	x	x			x		x		439.5	655.15
เชอร์วิล	x					x	x			x	x	x		233	176.31
เลมอนบาล์ม	x	x	x		x			x	x	x	x	x		841.87	838.95
มาร์จอแรม	x		x		x	x	x		x	x	x	x		864	753.15
ทารากอน	x					x	x					x		453	501.10
ซัมเมอร์ซาวอรี่	x		x			x	x		x	x	x	x		133	97.20
ไชว์	x	x	x			x		x	x			x		718.5	1248.20
ตังกุย	x			x		x			x	x				-	1345.50
เบย์	x													1080	1655
โรสแมรี่	x		x			x			x	x				1886	1304.15
มินต์	x	x	x			x	x	x	x			x		2444	1978.20
เจียวกู้หลาน	x	x				x		x				x		380	47.5
จิงฐฉ่าย					x									640	930.50
ลาเวนเดอร์	x			x			x							678	169.15
													รวม	**19,706.62**	**23,182.66**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 แผนพัฒนาและส่งเสริมการผลิตสมุนไพร เพื่อตลาดผลผลิตสดและปริมาณผลิตได้จริง จำแนกตามรายชื่อพืช (พ.ศ. 2541-2544)

ชนิดพืช	ผลผลิตสดรวม/ปี (กก)		ผลผลิตสดรวม/ปี (กก)		ผลผลิตสดรวม/ปี (กก)		ผลผลิตสดรวม/ปี (กก)	
	2541[1/]		2542[1/]		2543[1/]		2544[1/]	
	แผน	จริง	แผน	จริง	แผน	จริง	แผน	จริง
สวีทเบซิล	450.00	5,625.00	4,128.00	4,244.00	2,760.00	6,262.00	3,355.00	3,868.95
ออริกาโน่	570.00	2,039.00	1,783.00	1,349.00	1,172.00	2,108.00	1,244.25	2,546.45
ซอเรล	1,020.00	3,317.00	1,248.00	2,343.00	1,579.00	4,516.00	1,885.50	1,973.85
อิตาเลี่ยนพาสเลย์	600.00	974.00	1,464.00	1,364.00	3,000.00	2,528.00	2,488.75	3,182.60
เลมอนทายม์	390.00	1,050.00	1,160.00	1,403.00	2,115.00	2,527.00	847.75	1,238.55
วินเตอร์ทายม์	240.00	121.00	432.00	111.00	1356.00	226.00	250.50	327.20
ซัมเมอร์ทายม์	330.00	364.00						
เสจ	510.00	344.00	1,012.00	237.00	618.00	334.00	439.50	655.15
เซอร์วิล	450.00	36.00	-	24.00	740.00	171.00	233.00	176.31
เลมอนบาล์ม	150.00	322.00	716.00	437.00	2,944.00	4,367.00	841.87	838.95
มาจอแรม	390.00	104.00	456.00	327.00	820.00	341.00	864.00	753.15
ทารากอน	300.00	20.00	-	83.00	560.00	119.00	453.00	501.10
ซัมเมอร์ซาเวอรี่	180.00	52.00	-	159.00	896.00	533.00	133.00	97.20
ไชว์	360.00	105.00	120.00	379.00	1,552.00	1,093.00	718.50	1,248.20
ตังกุย	120.00	-	-	23.00	220.00	837.00	-	1,345.50
ฮิซซอพ	180.00	-	-	-	-	-	-	-
เบย์	1,080.00	1,410.00	1,440.00	1,867.00	1,760.00	2,158.00	1,080.00	1,655.00
ฮอร์สแรดิส	120.00	-	-	-	-	-	-	-
โรสแมรี่	900.00	1,732.00	2,304.00	1,742.00	2,480.00	612.00	1,886.00	1,304.15
มินต์	210.00	1,811.00	900.00	1,467.00	2,666.00	2,380.00	2,444.00	1,978.20
บอเรจ	120.00	-	-	-	-	-	-	-
คาโมมาย (แห้ง)	-	1,802.00	146.00	34.00	5,565.00	1,300.00	394.00	-
ชิโซะ	-	-	3,936.00	-	-	-	-	-
เนสเตอร์เตียม	-	11.00	-	-	-	-	-	-
ลาเวนเดอร์	-	-	-	25.00	-	6.00	78.00	169.15
จิงจู่ฉ่าย	-	-	-	-	-	215.00	640.00	930.50
ดิล	-	-	-	-	292.00	-	100.00	-
ชาหอม	-	-	-	-	80.00	83.00	30.00	-
เจียวกู้หลาน	-	-	-	-	376.00	2,695.00	380.00	47.50
ผลผลิตรวม (กก)	**7,590.00**	**19,829.00**	**19,805.00**	**15,751.00**	**31,791.00**	**33,253.00**	**19,706.62**	**23,182.66**
	1,080 ใบ	**1,410 ใบ**	**1,440 ใบ**	**1,867 ใบ**	**1,760 ใบ**	**2,158 ใบ**	**1,080 ใบ**	**1,655 ใบ**

[1/]ข้อมูลผลผลิตเฉพาะส่งขายตลาดสดในกรุงเทพฯ และเชียงใหม่

[2/]ข้อมูลปี 2543 และ 2544 รวมผลผลิตส่งเข้าโรงงานแปรรูปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 ปริมาณการส่งมอบผลผลิตพืชสมุนไพรเพื่ออุตสาหกรรมแปรรูปปี พ.ศ. 2543-2544

ชนิดพืช	ปริมาณผลผลิตสดส่งมอบ (กก)		จำนวนเงิน (บาท)		ราคาเฉลี่ย (บาท)	
	43	44	43	44	43	44
ดอกคาโมมาย	307.52	360	21,526.4	25,200	70	70
เลมอนทาย์ม	769.70	430	53,879	30,100	70	70
เลมอนบาล์ม	1,244.6	460	87,122	33,200	70	70
เปปเปอร์มินต์	395.7	330	23,742	19,800	60	60
ยูเอสเอมินต์	128.5	145	7,710	8,700	60	60
เจียวกู้หลาน	1,230.5	1,430	86,135	100,100	70	70
ชาหอม	83.5	110	5,010	6,600	60	60
โรสแมรี่	0	126	0	10,080	0	80
ออริกาโน่	0	250	0	6,250	0	25
หายม์	0	12	0	480	0	40
มาจอแรม	0	30	0	1,200	0	40
รวม	**4,160.02**	**3,683**	**285,124.4**	**241,710**	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 4

การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของไม้ตัดดอกบางชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 4

การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของไม้ตัดดอกบางชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานฉบับสมบูรณ์ตามโครงการวิจัยรหัส 3315-3019

เรื่อง การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของไม้ตัดดอกบางชนิด

The Use of Crude Extract of Medicinal Plants for Control of Disease in Some Cutflowers

หัวหน้าโครงการ : ดร. นุชนารถ จงเลขา

ผู้ร่วมโครงการ : นางสาวสุคนธ์ทิพย์ สมบัติ

นางสาวศิริโสภา อินขะ

นางสาวลออรัตน์ สุระจินดา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง

บทคัดย่อ

สารสกัดหยาบด้วยน้ำจากพืชสมุนไพรสดและแห้ง 7 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botrytis cinerea* (โรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ), *Colletotrichum gloeosporioides* (โรคแอนแทรคโนสของสแตติส), *Alternaria tenuissima, Cercospora* sp. (โรคใบจุดของเบญจมาศ) *Glomerella cingulata* (โรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ) และ *Corynespora cassiicola, Colletotrichum* sp. (โรคใบจุดและแอนแทรคโนสของแคลล่าลิลี่) บนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดแต่ละชนิด โดยวิธี Culture Disc Technique ผลปรากฏว่าสารสกัดพืชสดได้แก่สาบหมาและทองพันชั่งความเข้มข้น 30%ให้ผลดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ 42.33% และ 41.58% ตามลำดับ สารสกัดช้าพลูและเทียนบ้านความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *B. cinerea* ได้ 100% ส่วนสารสกัดด้วยน้ำจากพืชแห้ง 7 ชนิด พบว่าสารสกัดจากช้าพลูที่ความเข้มข้น 10% สามารถยับยั้งเชื้อรา *Glomerella cingulata* และ *Colletotrichum sp.* ได้ 100% สารสกัดจากสาบหมาที่ความเข้มข้นเดียวกันให้ผลดีที่สุดในการยับยั้ง *Corynespora cassiicola* ได้ 43.43% การทดสอบสารสกัดจากน้ำหมักพืชสมุนไพร 7 ชนิดของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่าดอกบัวตอง และจะข่านหัววอก ที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tenuissima* และ *Cercospora* sp. ได้ 100%

สารสกัดหยาบด้วยเมธานอลจากพืชสดและแห้ง 7 ชนิด พบว่าสารสกัดจากสาบหมาสดที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* และ *B. cinerea* ได้ 58.9% และ 69.23% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดด้วยพืชแห้งพบว่าสารสกัดเทียนบ้านและโกฐจุฬาลัมพาที่ความเข้มข้นเดียวกันยับยั้งเชื้อรา *A. tenuissima* ได้ 100% สารสกัดช้าพลูและเทียนบ้านยับยั้งเชื้อรา *Cercospora* sp. ได้ 100% เช่นกัน เมื่อผสมสารสกัดสาบหมากับเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. tenuissima* ได้ 100% สารสกัดช้าพลู และช้าพลูผสมกับสาบหมาที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ 100%

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาในกุหลาบพันธุ์ ไดอาน่าในห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง ผลปรากฏว่าสารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู และเทียนบ้าน ที่ความเข้มข้น 42% ไม่สามารถควบคุมโรคนี้ได้ และยังทำให้กลีบดอกไหม้ เมื่อทดสอบในกุหลาบพันธุ์ปริ้นเซสโดยใช้สารสกัดเทียนบ้าน ที่ความเข้มข้น 10% 20% และ 30% พบว่าสามารถควบคุมโรคเน่าราสีเทาได้เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมา เทียนบ้าน ช้าพลู และทองพันชั่ง ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm. ให้ผลในการยับยั้งการเกิดโรคได้ดีเท่ากับการใช้ Dithane M-45 และไม่ทำให้กลีบกุหลาบไหม้

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ นำสารสกัดจากพืช 3 ชนิดที่ผลิตเป็นการค้าได้แก่ RYPF 72000 (น้ำมันสน), TACC.I (ค้างคาวดำ) และ EUP.(สาบหมา) มาทดสอบควบคุมโรคใบจุดของเบญจมาศที่เกิดจากรา *Glomerella cingulata* โดยวิธี Detached Flower Technique ผลปรากฏว่าสารทั้งสามชนิดให้ผลควบคุมโรคนี้ได้ดี นำสารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมา เทียนบ้าน และช้าพลู ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm มาทดสอบเปรียบเทียบกับสารกำจัดรา Dithane M-45 ในการควบคุมโรคใบจุดของแคลล่าลิลี่ ที่เกิดจากรา *Corynespora cassiicola* ผลปรากฏว่าสารสกัดจากพืช 3 ชนิด สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ Dithane M-45 ให้ผลในการควบคุมโรคได้สมบูรณ์

การทดสอบในสภาพเรือนทดลอง ใช้สารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพันชั่ง และสาบหมาผสมกับทองพันชั่งที่ความเข้มข้น42% และสารกำจัดเชื้อรา Antracol ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส (ทำการปลูกเชื้อ) ผลปรากฏว่าสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้เพียงเล็กน้อย ในขณะ Antracol ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด(9.36%) และเมื่อใช้สารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมาที่ความเข้มข้น10,000 ppm เทียบกับ Antracol และ Benlate (พ่นสลับกัน) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส (โรคระบาดตามธรรมชาติ) ในสภาพเรือนทดลอง**และแปลงปลูก**ปรากฏว่าสารสกัดจากสาบหมาเพียงอย่างเดียวสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อใช้สารสกัดนี้ผสมกับ Benlate (ครึ่งหนึ่งของอัตราที่แนะนำ) สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกับการใช้ Benlate พ่นสลับกับ Antracol

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

Crude water extracts of 7 fresh and dried medicinal plants were tested on their efficacy to inhibit growth of *Botrytis cinerea* (gray rot of rose), *Colletotrichum gloeosporioides* (anthracnose of statis), *Alternaria tenuissima* and *Cercospora* sp. (leaf spot of chrysanthemum) *Glomerella cingulata* (anthracnose of chrysanthemum) and *Corynespora cassiicola*, *Colletotrichum* sp.(leaf spot and anthracnose of calla lily) on PDA mixed with each extract, using Culture Disc Technique. It was found that the extracts from Sarbma (*Eupatorium adenophorum*) and Tongpanchang (*Rhinacanthus nasutus*) at 30% concentration gave best inhibition to growth of *C. gloeosporioides* at 42.33% and 41.58% respectively. Chaploo (*Piper sarmentosum*) and Tianban (*Impatiens balsamina*) at 30% cencentration could 100% inhibit growth of *B. cinerea*. Fermented water extracts of 7 medicinal plants from Royal Ang Khang Agricultural Station showed that Bautong (*Tithonia diversiforia*) and Jakhanhauwog (*Piper* sp.) at 30% concentration could 100%. inhibit growth of *A. tenuissima* and *Cercospora* sp.

Crude methanol extracts of 7 fresh and dried medicinal plants showed that fresh Sarbma at 10,000 ppm could inhibit growth of *C. gloeosporioides* and *B. cinerea* at 58.9% and 69.23% For dried Tianban and Gote-Chulalampa (*Artemisia pallens*) at the same concentration could 100% inhibit growth of *A. tenuissima*. Chaploo and Tianban could also 100% inhibited growth of *Colletotrichum* sp.

Efficacy test on crude water extracts of Chaploo and Tianban for control of gray mold rot of roses showed that at 10%, 20%, and 30% of Tianban could slightly control the disease while at 42% of both Chaploo and Tienban extracts showed phytotoxic to rose petals and could not control the disease. However, methanol extracts from Sarbma, Tienban, Chaploo and Tongpanchang at 10,000 ppm showed effective control as good as using Dithane M-45 and the extracts were not phytotoxic to the rose petals.

Tests in the laboratory : Three commercial extracts RYPF 72000 (pine oil), TACC.I (Kangkau-Dam) and EUP. (Sarbma) were tested for control of chrysanthemum leaf spot caused by *Glomerella cingulata*, using Detached Flower Technique. It was found that all extracts gave good control. Three methanol extracts of Sarbma, Tienban

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and Chaploo at 10,000 ppm concentration were tested in comparison with Dithane M-45 for control of calla lily leaf spot caused by *Corynespora cassiicola*. Results showed that the extracts gave a slight control while Dithane M-45 could give a complete control.

Tests in the greenhouse : The water extracts from Sarbma, Tongpanchang and Sarbma mixed with Tongpanchang at 42% concentration were used for control of anthracnose of statis (artificial inocluation) in comparison with Antracol. Results showed that all plant extract treatments could slightly reduce the disease while Antracol gave lowest disease percentage (9.36%). Methanol extract of Sarbma at 10,000 ppm was tested for control of statis anthracnose (naturally infected) in comparison with Benlate and Antracol and Sarbma extract mixed with Benlate (only half of recommended rate) in the greenhouse conditions and in the field. It was found that Sarbma only could reduce a small percentage of the disease compared to control treatment while Sarbma mixed with Benlate was as effective as Banlate and Antracol treatment.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	2
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
สารบาญ	6
สารบาญตาราง	7
สารบาญภาพ	8
คำนำ	9
ตรวจเอกสาร	11
อุปกรณ์และวิธีการ	15
ผลการทดลอง	25
สรุปและวิจารณ์ผล	45
เอกสารอ้างอิง	48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ประสิทธิภาพของน้ำหมักจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ที่ความเข้มข้น 30% ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ	30
2	ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากพืชแห้ง 7 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ และใบจุดใบไหม้ของแคลล่า ลิลี่	31
3	ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืชแห้ง 6 ชนิด ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ และใบจุดใบไหม้ของแคลล่า ลิลี่	32
4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำเทียนบ้าน ช้าพลู และเทียนบ้านผสมกับช้าพลู ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea*	33
5	ประสิทธิภาพของสารสกัดสาบหมา ทองพันชั่ง และสารสกัดผสมทั้ง 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*	34
6	ประสิทธิภาพของสารสกัดสาบหมา ช้าพลู และสารผสมทั้งสองชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคใบไหม้ของแคลล่าลิลี่	35
7	ประสิทธิภาพของสารสกัดสารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมช้าพลู ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า	37
8	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืช 4 ชนิด กับสารกำจัดราไดเทนเอ็ม -45 ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า	39
9	ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด ในการควบคุมโรคใบจุดของเบญจมาศ โดยใช้ Detached Fower Technique	40
10	ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพังชั่ง สาบหมาผสมทองพันชั่ง และสารเคมี ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส	42
11	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมทานอลจากสาบหมา และสารเคมีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส	43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะอาการและเชื้อรา *Botrytis cinerea* สาเหตุโรคเน่าราสีเทา	26
2	ลักษณะอาการและเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของสแตติส	27
3	ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดออลเทอนาเรียของเบญจามาศ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Altenaria* sp.	27
4	ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของเบญจมาศ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Cercospora* sp.	27
5	ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของเบญจมาศ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Glomerella* sp. (perfect stage)	28
6	ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของแคลล่า ลิลี่ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Corynespora* sp.	28
7	ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของแคลล่า ลิลี่ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Colletotrichum* sp.	28
8	การเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ที่อายุ 7 วัน บนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู เทียนบ้าน ช้าพลูผสมกับความเข้มข้น 42% บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส	33
9	ประสิทธิภาพของสารสกัดช้าพลู เทียนบ้าน ช้าพลูผสมกับเทียนบ้าน ความเข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า	37
10	ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมา เทียนบ้าน ช้าพลู ทองพันชั่ง และไดเทน เอ็ม 45 เทียบกับชุดควบคุมที่ปลูกเชื้ออย่างเดียว	39
11	ประสิทธิภาพของสารสกัด RYPF 72000 (น้ำมันสน), TACC. I (ด้างดาวดำ) และ EUP. (สาบหมา) ในการควบคุมโรคใบจุดของเบญจมาศ	40
12	สภาพแปลงปลูกซึ่งแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสของสแตติสตามธรรมชาติ	44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทนำ

ไม้ตัดดอก เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่สามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างดี เนื่องจากออกดอกให้ผลตลอดปี โดยเฉพาะในเขตพื้นที่สูง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็น เหมาะสมกับการปลูกพืชเมืองหนาวชนิดต่างๆ เพื่อทดแทนฝิ่น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2540) ไม้ตัดดอกที่นำมาปลูกบนที่สูงในเขตภาคเหนือของประเทศไทย มีมากกว่า 20 ชนิด หรือไม่ต่ำกว่า 200 พันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและต่อมาได้ส่งเสริมให้ชาวเขาบนดอยนำไปปลูก อาทิเช่น เบญจมาศ คาร์เนชั่น เยอบีรา แอสเทอร์ แกลดิโอลัส หน้าวัว สแตติส และกุลาบ เป็นต้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2542) แต่ไม้ดอกเหล่านี้มักพบมีโรคและแมลงเข้าทำลายทำให้คุณภาพของดอกไม้ลดลง ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการส่งออก (สมเพียร, 2532)

การป้องกันควบคุมศัตรูไม้ตัดดอก โดยการใช้สารเคมีเป็นวิธีได้รับความนิยม เพราะสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ แต่การใช้สารเคมีก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและทำลายจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ นอกจากนี้ เชื้อราสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีบางชนิดได้ เช่น เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะละกอ สามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีเบโนมิล (benomyl) และสารเคมีกลุ่ม benzimidazole อื่นๆ ได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาแนวทางใหม่ๆ ในการควบคุมศัตรูพืช โดยไม่ใช้สารเคมีหรือลดการใช้สารเคมี เป็นวิธีที่ได้รับความสนใจมากขึ้น เช่น การเขตกรรม การควบคุมโดยชีววิธี การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษค่อนข้างต่ำ สลายตัวได้ง่าย และมีรายงานว่ามีพืชสมุนไพรสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด จากการรวบรวม ผลงานวิจัยที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชกับจุลินทรีย์ต่างๆ พบว่ามีการทดสอบสารสกัดกับเชื้อราสาเหตุโรคพืชมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ(พัฒนา, 2539) เช่น สารสกัดจากกระเจียว ทองพันชั่ง หาด ย่านลิเภา ทับทิม ข่าและว่านน้ำ สามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (รัตนาและคณะ, 2535) น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ตะไคร้หอม ผักแขยง กระเพรา กานพลู และไพล สามารถยับยั้งการเจริญ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงและมะละกอได้ 100% ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.5 และ1.0% และยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria porri* สาเหตุโรคใบจุดสีม่วงของหอม ที่ความเข้มข้น 0.05% (สิริวิภา และคณะ, 2537) สารสกัดจากว่านน้ำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ที่ความเข้มข้น 1% (วิชัย และคณะ, 2533) น้ำมันที่สกัดจากเปลือกมะม่วง หิมพานต์เป็นพิษต่อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุแอนแทรคโนสของมะม่วง *Alternaria zinnae* โรคใบและลำต้นเน่าของทานตะวัน *Helminthosporium mydis* โรคใบไหม้ของข้าวโพด และ *Phytopthora palmivora* โรครากเน่าของทุเรียน (ประเทืองศรี และคณะ ,2536) น้ำคั้นจากกระเทียมสด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Botrytis cinerea* ของผักได้ 95% ที่ความเข้มข้น 1% (Ubon, 2532) ผลงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพในการกำจัดโรคพืช ทราบถึงเทคนิคในการสกัดสาร ทราบถึงความเข้มข้นของสารสกัดที่จะต้องใช้ในการควบคุมโรคพืชแต่ละชนิด ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งที่จะนำเอาสารสกัดพืชสมุนไพรสดและแห้งมาสกัดด้วยวิธีการง่ายๆ โดยนำส่วนของพืชมาหั่นหรือบดให้ละเอียด แช่น้ำหรือแอลกอฮอล์ มาทดสอบกับโรคที่เกิดกับไม้ตัดดอกต่างๆ ที่มีปัญหาการใช้สารเคมีมาก ทั้งนี้เพื่อต้องการนำผลไปใช้แนะนำให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมี และหาวิธีการให้เกษตรกรใช้วัชพืชที่มีคุณสมบัติเป็นสมุนไพร หาได้ง่ายในท้องถิ่น ให้เป็นประโยชน์ โดยมิต้องเสียค่าใช้จ่าย และหาวิธีการเตรียมสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพดี เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรที่ไม่ประสงค์จะทำการสกัดเอง ได้นำไปใช้ทดแทนหรือใช้ผสมกับสารเคมีโดยลดปริมาณของสารเคมีลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตรวจเอกสาร

ไม้ตัดดอก (cutflowers) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง และมีความต้องการอย่างกว้างขวางในตลาดขณะนี้ ทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดี เนื่องจากออกดอกให้ผลตลอดปี และเป็นพืชที่มีสีสันสวยงาม ไม้ตัดดอกที่นำมาปลูกมากที่สุดในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีมากกว่า 20 ชนิด หรือไม่ต่ำกว่า 200 พันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและต่อมาได้ส่งเสริมให้ชาวเขาบนดอยนำไปปลูก เช่น กุหลาบ เบญจมาศ คาร์เนชั่น เยอบีรา แอสเทอร์ แกลดิโอลัส หน้าวัว สแตติส และแคลล่า ลิลี่ เป็นต้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2542)

กุหลาบ (roses) เป็นไม้ตัดดอกมีสีสันสวยงามมากและได้รับการขนานนามว่า "ราชินีแห่งดอกไม้" (สมเพียร, 2532) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rosa* spp. ซึ่งมีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย สามารถออกดอกตลอดทั้งปี ทำรายได้ให้กับผู้ปลูก ซึ่งการปลูกกุหลาบสามารถปลูกได้ทุกภาค โดยคัดพันธุ์กุหลาบที่เหมาะสมกับสภาพอากาศและความนิยมของท้องถิ่น แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทยได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย หนองคาย นครปฐม กรุงเทพมหานคร ราชบุรี ปทุมธานี ตาก สมุทรสาคร สมุทรปราการ นนทบุรี อุบลราชธานี ขอนแก่น และสงขลา เป็นต้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2539)

โรคที่สำคัญที่พบเกิดกับดอกกุหลาบ คือ โรคเน่าราสีเทา (Gray mold rot) ซึ่งเกิดจากเชื้อราสาเหตุคือ *Botrytis cinerea* เชื้อรานี้ทำให้เกิดโรคกับพืชหลายชนิดได้แก่ เบญจมาศ เจอราเนียม รักแร่ และกล้วยไม้ ซ่อนกลิ่นฝรั่ง เป็นต้น ลักษณะอาการเริ่มแรกที่ปรากฏเป็นแผลขนาดเล็กสีน้ำตาลบนกลีบดอก ต่อมาแผลเหล่านี้จะขยายขนาดขึ้น คลอบคลุมทั่วทั้งดอก แผ่กระจายไปถึงฐานรองดอกเป็นผลทำให้ดอกที่อยู่บนต้นหักพับลงมาเกิดอาการเน่าและแห้งตายในที่สุด โรคนี้จัดเป็นโรคที่ทำความเสียหายแก่เกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกเป็นอย่างมาก โดยพบโรคนี้ระบาดในช่วงที่มีอากาศหนาวเย็นเล็กน้อย มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 15-20 °ซ และมีความชื้นในอากาศสูงเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ เช่นในฤดูหนาวที่มีฝนตกติดต่อกันหลายวันผิดฤดูกาล หรือตามเขาที่มีหมอกปกคลุมตลอดวัน โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือในช่วงฤดูฝนต่อฤดูหนาว (อนงค์, 2520)

สแตติส (statice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Limonium* spp. เป็นไม้ตัดดอกที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งดอกไม้สดและแห้ง มีสีหลากหลาย อายุคงทน บางพันธุ์สามารถปลูกเก็บเกี่ยวผลผลิตข้ามปี อีกทั้งต้นทุนในการผลิตและการดูแลรักษาต่ำกว่าไม้ดอกเมืองหนาวชนิดอื่น สแตติสเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญทางเศรษฐกิจใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รัฐฟลอริด้า ทำรายได้ให้เป็นมูลค่าถึงหนึ่งล้านดอลล่าร์ต่อพื้นที่ 100 เอเคอร์(Engelhard และคณะ, 1972) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกสแตติสในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 700 เมตรขึ้นไป เนื่องจากพืชชนิดนี้ต้องการอากาศหนาวเย็นในการผลิดอก

การปลูกสแตติสมักมีปัญหาเรื่องการทำลายของโรคแอนแทรคโนส ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloesporioides* ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายในรัฐฟลอริด้าเป็นอย่างมาก สามารถทำลายได้ตั้งแต่ระยะกล้าถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พันธุ์ที่อ่อนแอคือ พันธุ์ Gold Coast ซึ่งมีดอกสีเหลืองเป็นโรคนี้ถึง 100% เมื่อปลูกเชื้อสาเหตุลงบนสแตติสพันธุ์นี้ในแปลงปลูก พบว่าสามารถทำให้เกิดความเสียหาย 100% เช่นกัน โดยเชื้อสามารถแพร่ไปกับน้ำและน้ำฝน การเข้าทำลายพืชจะเกิดภายใน 7 วัน หลังจากเชื้อเข้าไปในสภาพแปลงปลูก เนื่องจากสามารถติดไปกับเมล็ด ดังนั้นการคลุกเมล็ดด้วยสารฆ่าเชื้อราและฉีดพ่นเชื้อราทั้งบนใบและฉีดลงดินที่เพื่อใช้เตรียมต้นกล้า

เบญจมาศ (chrysanthemum) เป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง มีการปลูกกันแพร่หลาย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysanthemum morifolium* สามารถปลูกได้ในพื้นที่ราบจนถึงเขตที่สูง (อรดี ,2529 อ้างโดยพาณี, 2536) มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนและญี่ปุ่น ดอกมีหลากสีและหลายขนาด ประเทศไทยนิยมปลูกดอกสีเหลืองและสีขาว ปัจจุบันมีปลูกทั่วไปในทุกภาค แหล่งปลูกที่สำคัญ คือรอบชานเมืองกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และเชียงใหม่ เป็นต้น แต่การเพาะปลูกเบญจมาศมักประสบปัญหาเรื่องโรคเข้าทำลายอยู่หลายโรคซึ่ง

Chandrasrikul (1962)ได้รายงานว่าพบโรคใบจุดของเบญจมาศที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. โรคใบจุดแอนแทรคโนส ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp โรคดอกเน่าที่เกิดจากรา *Botrytis* sp. ต่อมาผ่องศรี (2530) พบโรคที่สำคัญที่เกิดจากเชื้อรา 11 ชนิดได้แก่โรครากและโคนต้นเน่าที่เกิดจากรา *Sclerotium rolfsii* โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* โรคใบจุดเกิดจากเชื้อรา *Septoria chrysanthemella*, *Phoma eupyrena*, *Colletotrichum capsici*, *Alternaria tenuissima* และ *Cercospora* sp. โรคราสนิมเกิดจาก *Puccinia chrysan*themi โรค Japanish rust เกิดจาก *Puccinia horiana* โรคดอกเน่าจากเชื้อรา *Choanephora cucurbitarum* โรคดอกเปื้อนเกิดจากเชื้อรา *Cladosporium* oxysporum และโรคดอกไหม้ที่เกิดจาก *C. capsici* และ *A. tenuissima* โรคที่เกิดจากไส้เดือนฝอยได้แก่ โรครากปม เกิดจากไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* โรคที่เกิดจากไวรัสได้แก่ โรคใบด่าง และโรคที่เกิดจาก mycoplasma ได้แก่โรคดอกเขียว

แคลล่าลิลี่ (calla lily) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zantedeschia* spp. เป็นไม้ตัดดอกที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศทางยุโรป และประเทศนิวซีแลนด์ สำหรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเทศไทยเป็นดอกไม้ที่ยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย การผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากเป็นพืชที่สวยงาม และมีราคาค่อนข้างสูง ในการเพาะปลูกต้องการสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็นจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกซึ่งดำเนินการโดยมูลนิธิโครงการหลวง โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือซึ่งมีสภาพอากาศหนาวเย็นเหมาะสมต่อการปลูก และมีการปลูกเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน (มูลนิธิโครงการหลวง, 2540) แต่พืชนี้มักมีโรคที่เข้าทำลายตั้งแต่ระยะต้นกล้า ไปจนถึงระยะหลังเก็บเกี่ยว ได้แก่โรคเน่าเละจากเชื้อรา *Erwinia carotova* subsp. *carotovora* โรค Crown rot จากเชื้อรา *Pellicularia filamentosa* และ *Sclerotium delphinii* โรคเน่าจากเชื้อ *Phytophthora richardiae* โรคเน่าในโรงเก็บจากเชื้อ *Pythium ultimum* โรคที่เกิดจาก Tomato spotted wilt virus และ โรคใบจุดเชื้อ *Cercospora richardiaecola*, *Gloeosporium callae*, *Phyllosticta richardiae* และ *Colletotrichum* sp. (Pascal, 1978) ซึ่งรายงานว่าก่อให้เกิดความเสียหายในทุกแห่งที่ปลูกพืชชนิดนี้ โดยเฉพาะฤดูฝนพบว่าเชื้อสามารถระบาดได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีการเข้าทำลายของแมลงและไส้เดือนฝอยซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในแปลงปลูกเช่นกัน

การป้องกันกำจัดโรคไม้ตัดดอกดังกล่าวมีหลายวิธี ได้แก่ การเผาทำลายเศษซากพืช การทำความสะอาดแปลงอย่างสม่ำเสมอ และการใช้สารเคมี ซึ่งเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะต่อการเกิดโรคต้องทำการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสารจับใบ เพื่อให้สารติดทนไม่ถูกชะล้างได้ง่าย (อนงค์, 2520) แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดและทำลายศัตรูพืชต่างๆนั้นหากมีการใช้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานและใช้อย่างผิดวิธีย่อมส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ปัญหาความสมดุลย์ตามธรรมชาติ การตกค้างของสารเคมีในธรรมชาติ ปัญหาต่อสุขภาพของผู้ใช้และผู้บริโภค ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยลดการนำเข้าสารเคมีและห้ามมีการวางจำหน่ายวัตถุมีพิษหลายชนิด และการใช้สารสกัดจากพืชควบคุมศัตรูพืชเป็นวิธีหนึ่งที่เป็นการควบคุมโรคในระยะยาว แม้จะเห็นผลช้า แต่สารธรรมชาติให้ผลตกค้างน้อยกว่า เพราะสลายตัวได้ง่าย อีกทั้งไม่ทำลายศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ ไม่มีภัยต่อสุขภาพและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันพบว่ามีพืชสมุนไพรหลายชนิดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆได้ เช่นโป๊ยกั๊กสามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ดีที่สุดโดยเฉพาะเชื้อรา *Nigrospora* spp. ในขณะที่รังสีและคณะ (2538) พบว่าโป๊ยกั๊ก กานพลู กระเทียม สะระแหน่ ยี่หร่า จันทร์เทศ ตะไคร้หอม ว่านน้ำ ดีปลี เทียนบ้าน มะรุม หม่อน มังคุด ผักแขยง และสะเดาอินเดีย มีผลในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Alternaria sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* spp., *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani, Drechslera maydis*, *Curvularia lunata*, *Phyllosticta hibisci*, *Helminthosporium spiciterum*, *Pythium* spp. และ *Colletotrichum* sp. จากรายงานของ Ahmad และ Prasad (1995) พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากเสนียด สะเดาอินเดีย แพงพวยฝรั่ง ผกากรอง กระเพรา ละหุ่ง แสลงใจ สามารถควบคุมโรคเน่าและของผลบวบ (sponge-gourd fruits) ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Helminthosporium spiciferum* และ *Fusarium scirpi* ขจรศักดิ์ (2539)ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 8 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้แก่ *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp. *Aspergillus* sp. และสาเหตุโรคผิวหนังของมนุษย์ ได้แก่ *Epidermophyton floccusum*, *Microsporum gypseum Trichophytes mentagrophytes* และ *T. rubrum* พบว่ากานพลูและว่านน้ำที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 10,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชและโรคผิวหนังดีที่สุด ส่วนสุมาลี และคณะ (2540) พบว่าสารสกัดจากเสม็ด เมล็ดพริกไทยดำ กระดูกไก่ และมะคำดีควาย มีผลต่อเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดของคะน้า ที่เกิดจากรา *Alternaria brassicicola* โดยสารพิเมอรีนจากเมล็ดพริกไทยดำสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกสปอร์ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำมันเสม็ด ส่วนสารสกัดจากใบกระดูกไก่และผลมะคำดีควายมีผลยับยั้งน้อยที่สุด นอกจากนี้นุชนารถและคณะ (2542)ได้ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของพืชผัก ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด ได้แก่สารสกัดด้วยน้ำจากเทียนบ้านให้ผลดีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria brassicicola* สาเหตุโรคใบจุดของกะหล่ำปลีได้ 100% ในขณะที่สารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมา ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ให้ผลยับยั้งการเจริญสูงสุด 84.7% สารสกัดข้าพลูและทองพันชั่ง มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Cercospora. apii* สาเหตุโรคใบจุดของเซเลอรี่ และ *A. solani* สาเหตุโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ ได้ 100%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การตรวจเชื้อและแยกเชื้อราสาเหตุโรคไม้ตัดดอกบางชนิด

ทำการตรวจหาเชื้อตรงเนื้อเยื่อบริเวณกลีบดอกกุหลาบ ที่แสดงอาการของโรคเน่าราสีเทาและใบสแตติสที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส จากสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อาการใบจุดและแอนแทรคโนสของแคล่า ลิลี่ จากสถานีโครงการหลวงห้วยลึก มูลนิธิโครงการหลวงโดยวิธี และอาการใบจุดและแอนแทรคโนสของเบญจมาศจากแปลงเกษตรกร ต. สันผีเสื้อ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ โดยวิธี Free Hand Sectioning Technique เพื่อตรวจหาส่วนต่างๆ ของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งถ่ายรูป จากนั้นทำการแยกเชื้อราบริสุทธิ์ (pure culture) โดยนำไปเลี้ยงไว้บนอาหาร PDA ในสภาพปลอดเชื้อ แล้วเก็บไว้ใน stock culture เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรกับเชื้อราสาเหตุที่แยกได้

รวบรวมพืชสมุนไพรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชป่าและพืชพื้นบ้าน โดยนำส่วนของพืชมาใช้ ดังต่อไปนี้

ช้าพลู (*Piper samentosum* Roxb.)	ใช้ส่วนใบ
สาบหมา (*Eupatorium adenophorum* Spreng.)	ใช้ทุกส่วน
เทียนบ้าน (*Impatiens balsamina* Linn.)	ใช้ทุกส่วน
ทองพันชั่ง (*Rhinacanthus nasutus* Kurz.)	ใช้ใบ
ผักคราดหัวแหวน (*Spilanthes acmella* Murr.)	ใช้ใบ
พลูคาว (*Houttuynia cordata* Thunb.)	ใช้ใบ
ข่า (*Alpinia galanga* Swartz.)	ใช้เหง้า
โกฐจุฬาลัมพา (*Artemisia pallens*)	ใช้ส่วนใบและลำต้น
จะข่านหัววอก (*Piper* sp.)	ใช้ส่วนก้านและใบ
บัวตอง (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. bray)	ใช้ส่วนดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสกัดสารจากพืชสมุนไพร

นำพืชสมุนไพรสดได้แก่สาบหมา ช้าพลู เทียนบ้าน พลูคาว ทองพันชั่ง ผักคราด หัวแหวนและข่า มาทำการสกัดด้วยวิธีปั่นแช่กรอง (หั่นและปั่นรวมกับน้ำ แช่ทิ้งไว้ 18 ชั่วโมงแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น) และวิธีปั่นกรอง (ทำเช่นเดียวกันเพียงแต่ปั่นจนละเอียดแล้วกรองทันที) ส่วนการสกัดด้วยเมธานอลนำมาปั่นแล้วแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงนำมากรองด้วยกระดาษกรองแล้วระเหยตัวทำละลายออก ที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยเครื่องทำระเหย (Rotary Evaporator) พืชสมุนไพรแห้งทำการสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู สาบหมา เทียนบ้าน ทองพันชั่ง จะข่านหัววอก โกฐจุฬาลัมพา และบัวตอง ในอัตราส่วนพืชแห้ง 100 กรัมต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร โดยการต้มให้เดือดนาน 30 นาทีแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น สำหรับสารสกัดจากพืชแห้งด้วยเมธานอลทำเช่นเดียวกันกับการสกัดจากพืชสด สำหรับน้ำหมักจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด (โขลกละเอียดโดยใช้ครกและแช่น้ำ 1-2 คืน แล้วกรองเอากากออก) จากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่นำมาทดสอบ ได้แก่ จะข่านหัววอก กิ่งไหลขาว ผักห่านน้ำ โกฐจุฬาลัมพา สมอจีน สาบหมา และดอกบัวตอง

การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น

นำสารสกัดที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของราชนิดต่างๆ บนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดแต่ละชนิด โดยนำสารสกัดด้วยน้ำผสมอาหาร PDA ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 6% ถึง 42% จากนั้นทำให้ปลอดเชื้อด้วย autoclave (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที) ส่วนสารสกัดเมธานอล (methanol) ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm นำมาละลายด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วหรือน้ำผสม 2% methanol แล้วจึงนำมาผสมลงในอาหาร PDA ที่อุณหภูมิ 60 °C เทอาหารที่ผสมสารสกัดลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 6 จานต่อสารสกัดแต่ละชนิด จากนั้นปลูกเชื้อราสาเหตุแต่ละชนิด ตรงจุดกึ่งกลางจานอาหารด้วยวิธี Culture Disc บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง วัดผลการเจริญเติบโต แล้วจึงคัดเลือกพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดไปใช้ศึกษาต่อไป

การบันทึกผล วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุแต่ละชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคไม้ตัดดอกบางชนิด

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้าน ช้าพลู และ เทียนบ้านผสมช้าพลู ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botrytis cinerea*

นำสมุนไพรสด 2 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพสูง (ในข้อ2) คือ เทียนบ้าน และช้าพลู มาสกัดด้วยวิธีการปั่นกรอง แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *B. cinerea* สาเหตุโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ โดยการผสมสารสกัดกับอาหาร PDA ให้ได้ความเข้มข้น 30% และ 42% แล้วทำให้ปลอดเชื้อด้วย autoclave จากนั้นทำการปลูกเชื้อและบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 2

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาบหมา ทองพันชั่ง และสารสกัดผสมทั้งสองชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

คัดเลือกพืชสมุนไพรสด 2 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพสูง (ในข้อ2) คือ สาบหมา ทองพันชั่ง และสารผสมทั้งสองชนิด มาสกัดด้วยวิธีปั่นกรอง และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของสเตติส โดยผสมสารสกัดในอาหาร PDA ให้ได้ความเข้มข้น 18, 32 และ 42% จากนั้นปลูกเชื้อและบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 2

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอล

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจาก สาบหมา ช้าพลู และสาบหมาผสมช้าพลู ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp.

คัดเลือกพืชแห้ง 2 ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง (ในข้อ 2) คือสาบหมา ช้าพลู และสารผสมทั้งสองชนิด มาทำการสกัดด้วยเมธานอล และนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคใบไหม้ของแคลล่า ลิลี่ บนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดความเข้มข้น 3 ระดับคือ 1,000 5,000 และ 10,000 ppm จากนั้นบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัด จากช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Corynespora cassiicola*

นำสารสกัดจากพืชแห้ง 2 ชนิด ซึ่งคัดเลือกจากผลในข้อ 2 คือช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ มาทดสอบประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา สาเหตุของโรคใบจุดของแคลล่าลิลี่ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกันกับข้อ 2 และ 3.1 เพียงแต่ใช้เชื้อรา ***C. cassiicola***

3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้าน สาบหมา และเทียนบ้านผสมสาบหมาในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria tenuissima*

ทำการสกัดพืชแห้ง 2 ชนิดซึ่งคัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 2 คือ เทียนบ้าน สาบหมา และสารผสมทั้งสอง และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา ***A. tenuissima*** สาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ ที่ความเข้มข้น 3 ระดับทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 และ 3.1

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคไม้ตัดดอกบางชนิดในห้องปฏิบัติการ

4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบโดยใช้ Detached Flower Technique

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

4.1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ

คัดเลือกพืชสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพสูง (จากผลในข้อ2) คือช้าพลู และเทียนบ้าน มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเทา โดยนำดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่าที่บานเท่าๆ กันจำนวน 25 ดอก มาทำการฉีดพ่นสารสกัดที่ความเข้มข้น 42% ผสมกับสารจับใบ Tween -20 ก่อนปลูกเชื้อ 1 ชั่วโมง ด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อ *Botrytis cinerea* ความเข้มข้น 5 X 10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นำดอกกุหลาบของแต่ละกรรมวิธีมาลอยน้ำในกล่องพลาสติกใสที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย 70% ethanol โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD กำหนดให้มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ชุดควบคุม หรือ control (ไม่ปลูกเชื้อ ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น)
2. ปลูกเชื้อ
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดช้าพลู
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้าน
5. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดช้าพลูผสมเทียนบ้าน

การบันทึกผล : โดยนับจำนวนดอกที่เป็นโรคและจำนวนดอกทั้งหมด ในแต่ละกรรมวิธี เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และประเมินพื้นที่ดอกที่ได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคต่อดอก โดยใช้ scale 0-5 ดังนี้

0 = ไม่มีแผลเลย (no lesions)
1 = มีแผลเป็นพื้นที่ 0-20% (few lesions)
2 = มีแผลเป็นพื้นที่ 21-40% (slight attack)
3 = มีแผลเป็นพื้นที่ 41-60% (moderate attack)
4 = มีแผลเป็นพื้นที่ 61-80% (severe attack)
5 = มีแผลเป็นพื้นที่ > 80% จนดอกเน่าทั้งดอและแห้งตาย (death of the flower)

จากนั้นคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย ตามวิธีของสืบศักดิ์ (2540)

$$\% \text{ ดัชนีการทำลาย} = \frac{\text{ผลรวมของการเป็นโรคแต่ละระดับ}}{\text{จำนวนต้นพืชที่สุ่ม}} \times \frac{100}{\text{ระดับสูงสุดของการเป็นโรค}}$$

4.1.2 **เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 3 ระดับในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ**

ทำการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดเทียนบ้าน ที่ความเข้ม 3 ระดับ คือ 10, 20 และ30% ที่มีต่อการไหม้ของกลีบดอกกุหลาบพันธุ์ปริ้นเซส โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CED กำหนดให้มี 5 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ (ดอก) ดังนี้

1. ชุดควบคุม ไม่ปลูกเชื้อ ฉีดพ่นด้วยน้ำกรอง
2. ปลูกเชื้อ
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้าน ความเข้มข้น 10%
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้านความเข้มข้น 20% และ
5. ปลูกเชื้อพ่นสารสกัดเทียนบ้านความเข้มข้น 30%

จากนั้นบันทึกผลตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 4.1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดที่มีต่อการไหม้ของกลีบดอกกุหลาบ

4.2.1 ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้านต่อการไหม้ของกลีบกุหลาบ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดช้าพลู เทียนบ้าน เทียนบ้านผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ที่มีต่อการไหม้ของกลีบดอกกุหลาบไดอาน่า โดยวางแผนการทดลอง Split Plot in CRD กำหนดให้มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ (ดอก) ดังนี้

1. ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ ฉีดพ่นด้วยน้ำกรองที่สะอาด)
2. พ่นสารสกัดช้าพลู
3. พ่นสารสกัดเทียนบ้าน
4. พ่นสารสกัดเทียนบ้านผสมกับช้าพลู

บันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1 (ก)

4.2.2 ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดเทียนบ้านที่มีต่อการไหม้ของกลีบกุหลาบ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดเทียนบ้าน ที่ความเข้ม 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30% ที่มีต่อการไหม้ของกลีบดอกกุหลาบพันธุ์ปริ้นเซส โดยกำหนดให้มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ (ดอก) ดังนี้

1. ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น)
2. พ่นสารสกัดเทียนบ้านความเข้มข้น 10%
3. พ่นสารสกัดเทียนบ้านความเข้มข้น 20% และ
4. พ่นสารสกัดเทียนบ้านความเข้มข้น 30%

บันทึกผลตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 4.1.1

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมทธานอล

นำดอกกุหลาบมาทำการทดสอบประสิทธิภาพ(ดูวิธีการในข้อ 3(ก)) ของสารสกัดด้วย เมทธานอลจากสาบหมา เทียนบ้าน ช้าพลู และทองพันชั่งที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทา เปรียบเทียบกับ สารกำจัดราไดเทนเอ็ม- 45 (Dithane M-45) ในอัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD กำหนดให้มี 6 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ปลูกเชื้อ
2. ปลูกเชื้อ และพ่นน้ำกลั่น
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้าน
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดช้าพลู
5. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดทองพันชั่ง และ
6. ปลูกเชื้อ และพ่นไดเทน เอ็ม- 45 ทำการปลูกเชื้อและวัดผลด้วยวิธีเดียวกันกับข้อ 3(ก)

4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ ที่เกิดจากเชื้อรา *Glomerella cingulata* โดยใช้ Deached Flower Technique

นำดอกเบญจมาศจำนวน 32 ดอก ซึ่งมีอายุของดอกที่บานเท่ากัน มาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่ผลิตเป็นการค้า 3 ชนิด คือ

1. RYPF 72000 ซึ่งผลิตที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ประกอบด้วย น้ำมันสน, บัวตอง, ประคำดีควาย, สาบหมา และพืชที่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย(สาลี่, ชา) และปุ๋ยทางใบ (น้ำหมักผักต่างๆ)
2. TACC. I ซึ่งผลิตที่สาขาวิชาอุตสาหกรรม ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากค้างคาวดำ และ
3. EUP. ซึ่งผลิตที่ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วย

สารสกัดหยาบจากสาบหมา ในการควบคุมโรคใบจุดของเบญจมาศ ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Glomerella cingulata* โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD กำหนดให้มี 5 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ โดยฉีดพ่นสารสกัดก่อนการปลูกเชื้อ 1 ชั่วโมงที่ความเข้มข้นของ Inoculum 3.69×10^5 ดังนี้

1. ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ พ่นด้วยน้ำกลั่น)
2. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัด RYPF 72000 (อัตรา 8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร)
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดหยาบค้างคาวดำ (อัตรา 8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร)
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดหยาบสาบหมา (อัตรา 10 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร) จากนั้นทำการบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคใบจุดของแคลล่า ลิลี่ ที่เกิดจากเชื้อรา *Corynespora cassiicola* โดยใช้ Detached Leaf Technique

นำใบแคลล่า ลิลี่ จำนวน 15 ใบซึ่งมีขนาดใบเท่าๆ กัน มาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืช 4 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm และสารกำจัดราไดเทนเอ็ม-45 (อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ในการควบคุมโรคใบจุดของแคลล่า ลิลี่ ที่เกิดจากเชื้อรา *C. cassiicola* โดยการฉีดพ่นสารสกัดก่อนปลูกเชื้อ 1 ชั่งโมง ที่ความเข้มข้นของ Inoculum 5.3 x 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

1. ชุดควบคุมไม่ปลูกเชื้อ ฉีดพ่นน้ำกลั่น
2. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดสาบหมา
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดช้าพลู
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้าน
5. ปลูกเชื้อ และพ่นไดเทนเอ็ม-45

จากนั้นบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1 เพียงแต่ประเมินความเสียหายของโรคต่อใบ โดย

ใช้ scale 0-9 (Walla,1978) ดังนี้

0 = ไม่มีโรค
1 = 1-10% ของพื้นที่ใบ
2 = 11-20% ของพื้นที่ใบ
3 = 21-30% ของพื้นที่ใบ
4 = 31-40% ของพื้นที่ใบ
5 = 41-50% ของพื้นที่ใบ
6 = 51-60% ของพื้นที่ใบ
7 = 61-70% ของพื้นที่ใบ
8 = 71-80% ของพื้นที่ใบ
9 = 81-90% ของพื้นที่ใบขึ้นไป และใบร่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคไม้ตัดดอกในสภาพเรือนทดลอง

5.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ

นำต้นกุหลาบอายุ 2 เดือน ซึ่งมีขนาดต้นใกล้เคียงกัน มาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้าน ช้าพลู และเทียนบ้านผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทา โดยทำการฉีดพ่นสารสกัดก่อนการปลูกเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหลังปลูกเชื้อ ทุก 3 วัน จำนวน 2 ครั้ง วางแผนการทดลองใช้ RCBD มี 2 Block แต่ละ Block มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 5 ต้น (treatment) ได้แก่

1. ชุดควบคุม
2. ปลูกเชื้อ
3. ปลูกเชื้อและ พ่นสารสกัดช้าพลู
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้าน และ
5. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดเทียนบ้านผสมช้าพลู

จากนั้นบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1(ก)

5.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

นำต้นกล้าสแตติสอายุ 3 เดือน มาปลูกเชื้อด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 2.5 X 10^6 โดยหลังใบด้านซ้ายทำแผลด้วยเข็มเขี่ยที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย 70% ethanol ส่วนหลังใบด้านขวาไม่ทำแผล จำนวน 4 ใบต่อต้น จากนั้นทำการพ่นสารสกัดสาบหมา สารสกัดทองพันชั่ง สารสกัดสาบหมาผสมทองพันชั่ง ที่ความเข้มข้น 42% เปรียบเทียบกับแอนทราโคล (Antracol) ในอัตรากลางที่ฉลากระบุ (35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) โดยฉีดพ่นสารสกัดก่อน 1 ชั่วโมงและหลังปลูกเชื้อทุก 3 วัน จำนวน 5 ครั้ง การวางแผนการทดลองใช้ RCBD มี 2 Block แต่ละ Block มี 6 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ ได้แก่

1. ชุดควบคุม
2. ปลูกเชื้อ
3. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดสาบหมา
4. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดทองพันชั่ง
5. ปลูกเชื้อ และพ่นสารสกัดสาบหมาผสมทองพันชั่ง และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ปลูกเชื้อ และพ่นแอนทราโคล

การบันทึกผล : นับจำนวนใบที่เป็นโรคและจำนวนใบทั้งหมดต่อต้น คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ใบที่เป็นโรคต่อต้น และคำนวนเป็นเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย เช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1 (ก) และ 4.3

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอล

นำสารสกัดหยาบจากสาบหมา (เมธานอล) และสารกำจัดราเบนเลท (Benlate) และ แอนทราโคล มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส ซึ่งขณะนั้นแสดงอาการของโรคตามธรรมชาติ ในระดับค่อนข้างรุนแรง โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD ทำการฉีดพ่นสารสกัด ทุก 3 วัน จำนวน 4 ครั้ง แบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธีๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

1. ชุดควบคุม (พ่นน้ำสะอาด)
2. พ่นเบนเลท อัตรากลางที่ฉลากระบุ (10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) สลับกับ แอนทราโคล (35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)
3. พ่นสารสกัดผสมกับเบนเลท อัตราครึ่งหนึ่งของกลางที่ฉลากระบุ (5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และ
4. พ่นสารสกัดอย่างเดียว จากนั้นบันทึกผลเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1.1(ก) และ 4.3

6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชและสารเคมีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติสในสภาพแปลงปลูก

ทำการทดลองระหว่าง พฤศจิกายนถึงธันวาคม 2544 ในแปลงปลูกสแตติสของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปูนหลวง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งขณะนั้นสแตติสมีอาการของโรคแอนแทรคโนสตามธรรมชาติในระดับความรุนแรงไม่มากนัก โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมา กับสารกำจัดราเบนเลทร่วมกับแอนทราโคล วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD มี 4 กรรมวิธีๆละ 80 ซ้ำ (ต้น)ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำสะอาด)
2. พ่นเบนเลท (อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) สลับกับ แอนทราโคล (อัตรา 35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)
3. พ่นสารสกัดผสมกับเบนเลท (อัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และ
4. พ่นสารสกัดเพียงอย่างเดียว

จากนั้นวัดผลทุกสัปดาห์ดังกล่าวไว้ในข้อ 4.1.1 (ก) และ 4.3

ผลการทดลอง

1. การตรวจเชื้อและแยกเชื้อราสาเหตุโรคไม้ตัดดอกบางชนิด

โรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ

นำเชื้อบริสุทธิ์ของราที่แยกได้จากกลีบดอกกุหลาบที่เป็นโรคราสีเทา มาทำการตรวจลักษณะของสปอร์ และจำแนกชนิดพบว่าเป็นเชื้อรา *Botrytis cinerea* ซึ่งมีลักษณะโคโลนีเริ่มแรกเป็นเส้นใยสีขาวต่อมาเปลี่ยนเป็นสีครีม และสีเทาอ่อนๆ มีผงสปอร์เกิดขึ้นบนโคโลนี เมื่อพลิกดูใต้จานอาหารมีสีเหลืองอ่อนแกมเทา และมีการสร้างเม็ด Sclerotium สีดำที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจมอยู่ในอาหาร PDA เมื่อตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบลักษณะของ conidia เป็นรูปไข่เซลล์เดียว ผิวเรียบ สีเทา เกิดบนก้านสั้นๆ บนก้าน conidiophore ที่ยาว มีการแตกกิ่งก้านไม่สม่ำเสมอ ส่วนปลายนั้นจะมีลักษณะบวมพอง (ภาพที่ 1) เมื่อนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อนี้ความเข้มข้น 7.2×10^5 ไปปลูกลงบนต้นกุหลาบ 5 พันธุ์ ผลปรากฏว่ากุหลาบพันธุ์ไดอาน่าและปริ้นเซสมีความอ่อนแอต่อการเกิดโรคเน่าราสีเทามากที่สุด

โรคแอนแทรคโนสของสแตติส

เมื่อนำเนื้อเยื่อพืชที่แสดงอาการแอนแทรคโนสซึ่งมี 2 แบบ คือแผลบนใบและก้านเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลแดง แผลค่อนข้างกลม และจุดสีน้ำตาลเข้มถึงดำเป็นวงซ้อนๆ กัน แผลรูปร่างไม่แน่นอน หากปรากฏอาการรุนแรงแผลจะลามติดกันจนเกิดอาการไหม้ เมื่อนำมาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบแผลบนใบที่เป็นจุดสีน้ำตาลแดงเกิดจากเชื้อรา *Glomerella* sp. (perfect stage) สร้าง asci ภายในโครงสร้าง perithecium แอสโคสปอร์ (ascospore) มีเซลล์เดียว ส่วนแผลจุดสีน้ำตาลเข้มเมื่อตรวจดูพบเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งมีโครงสร้างลักษณะคล้ายจานมีสีคล้ำ เรียกว่า acervulus (ภาพที่ 2) เมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

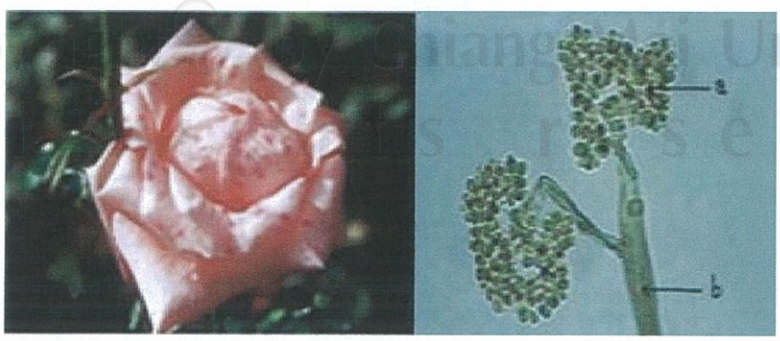
นำเชื้อดังกล่าวปลูกลงพืชอาศัยพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดโรค คือ $2.5X10^6$ conidia/ml. ทำให้พืชแสดงอาการของโรคชัดเจนภายใน 7 วัน

โรคใบจุดและแอนแทรคโนสของเบญจมาศ

เมื่อนำใบเบญจมาศที่แสดงอาการจุดสีน้ำตาลแดงถึงสีดำ ขอบแผลไม่แน่นอน ตรวจดูลักษณะ สปอร์เป็นเชื้อ *Alternaria tenuissima.* (ภาพที่ 3) และเชื้อรา *Glomerella cingulata* (perfect stage) ซึ่งมีโครงสร้าง perithecium ภายในสร้าง asci แอสโคสปอร์ (ascospore) มีเซลล์เดียว เมื่อนำเชื้อนี้ไปปลูกลงบนดอกเบญจมาศ พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคคือ 3.69×10^5 ทำให้ดอกแสดงอาการชัดเจนใน 3 วัน เมื่อนำไปตรวจดูลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบเชื้อรา *Colletotrichum* sp. (imperfect stage) ซึ่งสร้างสปอร์จำนวนมาก สีใสเซลล์เดียว อยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า acervulus (ภาพที่ 4) ส่วนอาการจุดสีน้ำตาล กลางแผลเป็นสีขาว เมื่อตรวจดูใต้กล้องพบ สปอร์จำนวนมาก เกิดจากเชื้อรา *Cercospora* sp. (ภาพที่ 5)

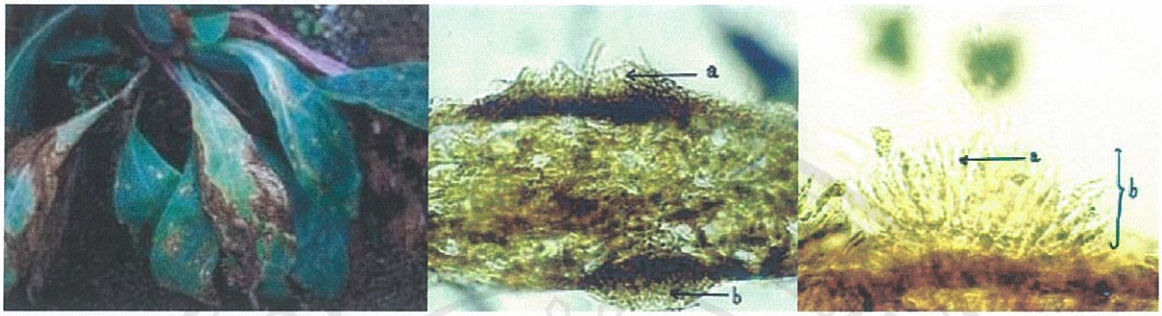
โรคใบจุดและแอนแทรคโนสของแคลล่าลิลี่

นำแผลบนใบแคลล่าลิลี่ ที่แสดงอาการจุดสีน้ำตาลขอบแผลสีเหลือง ตรงกลางแผลสีเทาจนถึงขาวเมื่อตรวจลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบเชื้อรา *Corynespora cassiicola* เมื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร PDA มีลักษณะโคโลนีสีขาว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเทา สร้างสปอร์จำนวนมาก ลักษณะแหลมจนถึงรูปทรงกระบอก หรือโค้งงอ ต่อกันเป็นลูกโซ่ (chain) บน conidiophore ซึ่งมีลักษณะเรียวยาว สีน้ำตาลอ่อนจนถึงเข้ม (ภาพที่ 6) ส่วนอาการแผลขอบใบไหม้เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ซึ่งอยู่ในโครงสร้างเรียกว่า acervulus ภายในมีสปอร์ สีใสเซลล์เดียวจำนวนมาก (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 1 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการเริ่มแรกของโรคเน่าราสีเทาบนกลีบดอกกุหลาบ (ข) เชื้อรา *Botrytis cinerea* สาเหตุโรคเน่าราสีเทา (a) conidia และ (b) conidiophore

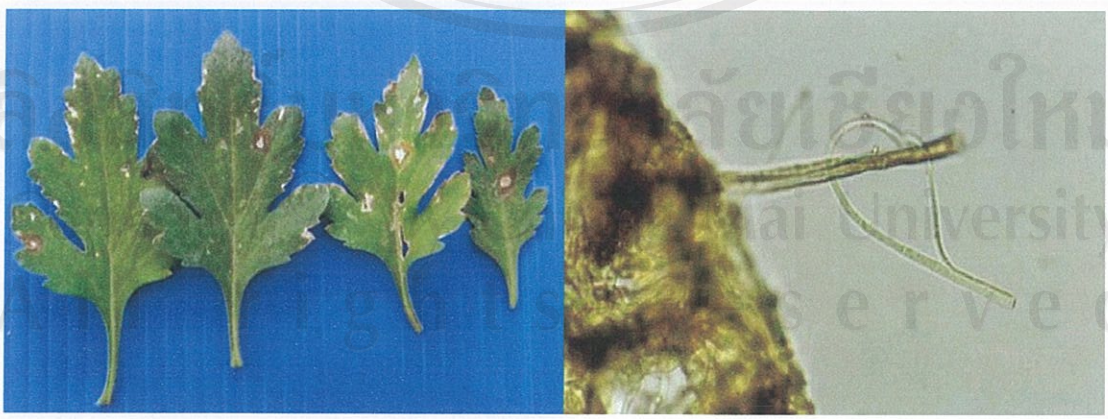
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคแอนแทรคโนสของสแตติส (ข) โครงสร้างของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (a) cinidia ใน acervulus ซึ่งอยู่ผิวบนของใบ (b) acurvulus ซึ่งอยู่ด้านล่างของใบ (x section) (ค) โครงสร้างผสมพันธุ์ (a) aci (b) perithecium ลักษณะเชื้อ Glomerella sp. ซึ่งเป็น Perfect stage (ขวา)



ภาพที่ 3 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของเบญจมาศ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Alternaria tenuissima*



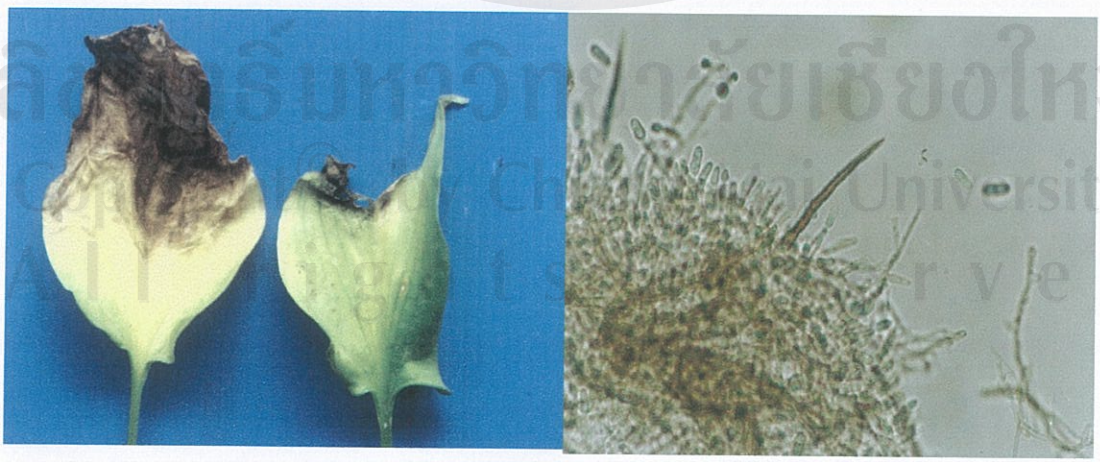
ภาพที่ 4 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของเบญจมาศ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Cercospora* sp.



ภาพที่ 5 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการแอนแทรคโนสของใบเบญจมาศ (ข) โครงสร้างผสมพันธุ์ของเชื้อรา *Glomerella cingulata* ซึ่งเป็น perfect stage มี asci และ ascospore อยู่ใน perithecium



ภาพที่ 6 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการของโรคใบจุดของแคลล่าลิลี่ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Corynespora* sp.



ภาพที่ 7 ลักษณะอาการและเชื้อสาเหตุ (ก) อาการแอนแทรคโนสของใบแคลล่า ลิลี่ (ข) เชื้อราสาเหตุ *Colletotrichum* sp.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรกับเชื้อราสาเหตุที่แยกได้

โรคเน่าราสีเทาของกุหลาบที่เกิดจาก *Botrytis cinerea* การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น พบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู และเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งการเจริญของ เชื้อรา *B. cinerea* ได้ 100% ส่วนสารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมาที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ให้ผลยับยั้งการเจริญเพียง 32.7% ในขณะที่เทียนบ้านยับยั้งการเจริญเพียงเล็กน้อย

โรคแอนแทรคโนสของสแตติส ที่เกิดจาก *Colletotrichum gloeospoioides* การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นพบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมาให้ผลดีที่สุดที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 42.33% รองลงมาคือทองพันชั่งยับยั้งได้ 41.58% สารสกัดด้วยเมธานอลจากสาบหมายับยั้งได้ 58.9% ส่วนสารสกัดเทียนบ้านให้ผลการยับยั้งไม่มากนัก

โรคใบจุดและแอนแทรคโนสของเบญจมาศ ที่เกิดจาก *Alternaria tenuissima*, *Cercospora* sp. และ*Glomerella cingulata* การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยใช้สารสกัดน้ำหมักจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด จากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่าดอกบัวตองและจะข่านหัววอกที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. tenuissima* และ *Cercospora* sp. ได้ 100% (ตารางที่ 1) นอกจากนี้สารสกัดจากพืชแห้ง 7 ชนิด พบว่าช้าพลูที่ความเข้มข้น 10% สามารถยับยั้งสามารถยับยั้งเชื้อ *G. cingulata* ได้ 100%รองลงมาคือ สาบหมาให้เปอร์เซ็นต์ยับยั้ง 35.20% (ตารางที่ 2) ส่วนสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืชสมุนไพรแห้ง 6 ชนิดความเข้มข้น 10,000 ppm พบว่า สารสกัดจากเทียนบ้านและโกฐจุฬาลัมพาสามารถยับยั้งเชื้อรา *A tenuissima* ได้ 100% รองลงมาคือสาบหมาสามารถยับยั้งได้ 79.02% นอกจากนี้สารสกัดจากช้าพลูและเทียนบ้านให้ผลดีในการยับยั้งการเจริญ *Cercospora* sp. ได้ 100% เช่นกัน

โรคใบจุดและแอนแทรคโนสของแคลล่าลิลี่ ที่เกิดจากรา *Corynespora cassiicola* และ *Colletotruchum* sp. การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยการใช้สารสกัดด้วยน้ำจากพืชแห้ง 7 ชนิด พบว่าสารสกัดสาบหมาที่ความเข้มข้น 10% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. cassiicola* ได้ 43.63% รองลงมาคือช้าพลูยับยั้งการเจริญได้ 36.56% ส่วนสารสกัดจากช้าพลูที่ความเข้มข้นเดียวกันยับยั้งเชื้อรา *Colletotruchum* sp. ได้ 100% เช่นกัน (ตารางที่ 2) สำหรับสารสกัดด้วยเมธานอลจากช้าพลูและเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 10,000 ppm. สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. cassiicola* ได้ 100% นอกจากนี้สารสกัดจากช้าพลูและสาบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมาที่ความเข้มข้นเดียวกันสามารถยับยั้งเชื้อรา *Colleltotrichum* sp. ได้ 90.52 และ 79.89% ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของน้ำหมักจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ที่ความเข้มข้น 30% ในการยับยั้งเชื้อรา สาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ

พืชสมุนไพร	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญที่ 7 วัน[1]	
	Alternaria tenuissima	*Cercospora* sp.
กิ่งไหลขาว	9.92 c[2]	12.35 d
ผักห่านน้ำ	-1.86 d	-7.05 f
จะข่านหัววอก	100 a	100 a
โกฐจุฬาลัมพา	5.58 cd	8.53 e
สมอจีน	11.94 c	17.36 c
สาบหมา	34.42 b	25.29 b
ดอกบัวตอง	100 a	100 a
$LSD_{0.05}$	8.24	3.15
%CV	17.00	6.64

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากพืชแห้ง 7 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ และใบจุดและแอนแทรคโนสของแคลล่า ลิลี่ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ

สารสกัด	ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์ยับยั้ง ที่ ระยะเวลา 7 วัน[1]		
	(%)	*Colletotrichum* sp.	*C. cassiicola*	*G. cingulata*
สาบหมา	6	18.42 f[2]	28.76 cd	25.16 ef
	10	30.55 e	43.63 a	35.2 d
ช้าพลู	6	17.59 f	21.24 ef	23.59 f
	10	100 a	36.56 b	100 a
เทียนบ้าน	6	12.45 g	14.78 g	8.79 hi
	10	15.22 b	19.59 efg	9.78 h
บัวตอง	6	33.8 de	27.55 c	18.16 g
	10	44.56 b	29.64 cd	27.64 ef
โกฐจุฬาลัมพา	6	35.8 cd	23.89 de	26.67 ef
	10	45.89 b	28.87 cd	29.05 e
จะข่านหัววอก	6	5.64 h	7.856 h	4.67 hi
	10	8.01 h	16.99 fg	5.408 hi
ทองพันชั่ง	6	33.09 de	16.88 fg	47.51 c
	10	33.88 c	1.68 fg	55.51 b
$LSD_{0.01}$		3.75	5.01	4.43
%CV		5.85	12.49	4.56

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืชแห้ง 6 ชนิดที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ และใบจุดและแอนแทรคโนสของแคลล่าลิลี่

สารสกัด	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญที่ระยะเวลา 7 วัน[1]			
	C. cassiicola	*Colletotrichum* sp.	*A. tenuissima*	*Cercospora* sp.
สาบหมา	74.29 b[2]	79.89 b	79.02 b	68.75 bc
ช้าพลู	100 a	90.52 a	67.89 c	100 a
ทองพันชั่ง	34.2 d	55.05 d	47.39 d	24.35 d
เทียนบ้าน	100 a	32.7 e	100 a	100 a
บัวตอง	69.36 bc	66.12 c	62.48 c	64.47 c
โกฐจุฬาลัมพา	59.06 c	63.13 c	100 a	70.04 b
$LSD_{0.05}$	10.46	5.23	5.44	5.28
%CV	9.67	5.45	4.81	4.99

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโต ของเชื้อราสาเหตุโรคไม้ตัดดอกบางชนิด

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้าน ช้าพลู และ เทียนบ้านผสมช้าพลู ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botrytis cinerea*

จากการนำสารสกัดด้วยน้ำกรองที่สะอาด เทียนบ้าน ช้าพลู และเทียนบ้านผสมช้าพลู โดยวิธีปั่นกรองมาผสมกับอาหาร PDA ให้มีความเข้มข้น 30 และ 42% แล้วทำให้ปลอดเชื้อด้วย autoclave บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 21 °C พบว่าสารสกัดช้าพลูผสมเทียนบ้านทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *B. cinerea* ได้ 100% รองลงมาคือสารสกัดช้าพลูและเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 64.72 และ 52.92% ส่วนสารสกัดช้าพลูและเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 40% สามารถยับยั้งการเจริญได้ 67.34% และ 65.31% ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 8)

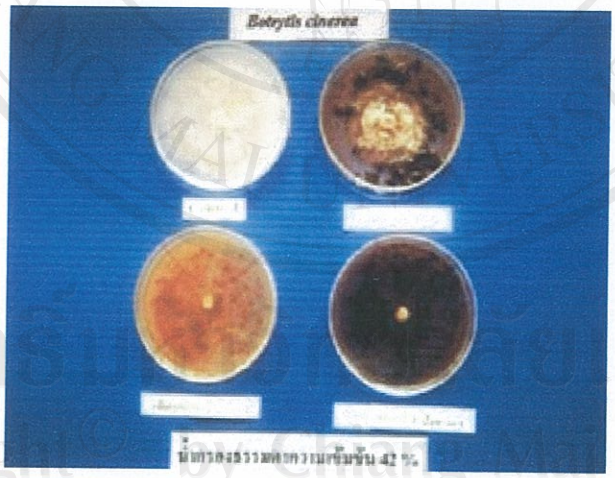
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดเทียนบ้าน ช้าพลู และเทียนบ้านผสมกับช้าพลูที่ความเข้มข้น 2 ระดับ โดยวิธีปั่นกรองทำให้ปลอดเชื้อด้วย utoclave ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea* บนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

พืชสมุนไพร	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญที่ 7 วัน[1]	
	30%	42%
เทียนบ้าน+ ช้าพลู	100 a[2]	100 a
ช้าพลู	51.84 c	66.06 b
เทียนบ้าน	64.71 b	64.39 b
	%CV = 13.69	% CV = 16.09
	$LSD_{0.05}$ = 12.16	$LSD_{0.05}$ = 15.21

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 8 การเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ที่อายุ 7 วัน บนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู (บนขวา) เทียนบ้าน (ล่างซ้าย) ช้าพลูผสมกับเทียนบ้าน (ล่างขวา) ซึ่งสกัดด้วยน้ำกรองสะอาด ความเข้มข้น 42% โดยวิธีปั่นกรองแล้วทำให้ปลอดเชื้อด้วย autoclave บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาบหมาและทองพันชั่ง และสารสกัดผสมทั้งสองชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

นำสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพันชั่ง และสาบหมาผสมกับทองพันชั่ง ที่ความเข้มข้น 3 ระดับคือ 18, 30 และ 42% มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของสแตติส ผลปรากฏว่าสารสกัดผสมจากสาบหมาและทองพันชั่งสามารถยับยั้งเชื้อราดังกล่าวได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากพืชชนิดเดียว และที่ระดับความเข้มข้นสูงจะให้ผลการยับยั้งการเจริญได้ดีตามลำดับ(ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของสารสกัดสาบหมา ทองพันชั่ง และสารสกัดผสมทั้ง 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ด้วยวิธีปั่นกรอง ที่ความเข้มข้น 42%

สารสกัดที่ผสมกับอาหาร PDA	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (ซม.)[1]			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญ
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	ที่ 7 วัน
สาบหมา +ทองพันชั่ง	2.43	4.32	5.52	57.00 ab[2]
สาบหมา	1.90	3.02	4.06	54.44 a
ทองพันชั่ง	1.75	2.90	3.87	38.66 b
ชุดควบคุม	4.30	6.95	9.00	0
%CV				10.36
$LSD_{0.05}$				1.26

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอล

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาบหมา ช้าพลู และสาบหมาผสมช้าพลู ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp.

จากการทดลอบประสิทธิภาพสารสกัดด้วยเมธานอลจาก สาบหมา ช้าพลู และสาบหมาผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 3 ระดับคือ 1,000 5,000 และ 10,000 ppm ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุใบไหม้ของแคลล่า ลิลี่ พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งสูงขึ้นตามลำดับความเข้มข้น โดยสารสกัดสาบหมา และสาบหมาผสมกับช้าพลูให้ผลยับยั้ง 100% ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm รองลงมาคือช้าพลู สาบหมา และสาบหมาผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 5,000 ppm ที่เปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 81.89, 81.15 และ 75.24 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของสารสกัดสาบหมา ช้าพลู และสารผสมทั้งสองชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคใบไหม้ของแคลล่า-ลิลี่ ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

สารสกัด	ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญที่อายุ 5 วัน[1]
สาบหมา	1,000[2]	25.91 e
	5,000	67.11 d
	10,000	81.15 bc
ช้าพลู	1,000	-6.06 f
	5,000	81.89 b
	10,000	100 a
สาบหมาผสมช้าพลู	1,000	25.27 e
	5,000	75.24 c
	10,000	100 a
$LSD_{0.05}$		6.087
%CV		6.28

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ ของแต่ละกรรมวิธี

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Corynespora cassiicola*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอลจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 1,000 5,000 และ 10,000 ppm ในการยับยั้งเชื้อรา *C. cassiicola* ผลปรากฏว่าสารสกัดจากเทียนบ้านให้ผลยับยั้งดีที่สุด คือ 70.93% ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm รองลงมาคือช้าพลูที่ความเข้มข้นเดียวกันยับยั้งได้ 60.66% และสารสกัดผสมระหว่างช้าพลูกับเทียนบ้านสามารถยับยั้งได้เพียง 48.09% ส่วนสารสกัดที่ความเข้มข้น 5,000 และ 1,000 ppm ให้ผลยับยั้งรองลงมาตามลำดับ

3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้าน สาบหมา และเทียนบ้านผสมสาบหมาในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria tenuissima*

นำสารสกัดด้วยเมธานอลจากเทียนบ้าน สาบหมา และเทียนบ้านผสมสาบหมา มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tenuissima* ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 1,000 5,000 และ 10,000 ppm พบว่าสารผสมระหว่างเทียนบ้านและสาบหมาให้ผลดีเช่นเดียวกับการใช้สารสกัดเทียนบ้านที่ความเข้มข้น5,000 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญได้ 100% ส่วนสารสกัดสาบหมาให้ผลยับยั้งรองลงมาตามลำดับ

4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคไม้ตัดดอกบางชนิดในห้องปฏิบัติการ

4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบโดยใช้ Detached Flower Technique

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

4.1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมกับช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ลงบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่าเป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากปลูกเชื้อ พบว่า ในทุกกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสารสกัดไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำสะอาด และยังทำให้กลีบดอกไหม้ อีกด้วย (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพของสารสกัดสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า หลังการปลูก เชื้อเป็นเวลา 7 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดอกที่เป็นโรคต่อต้น[1]	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย[2]
ไม่ปลูกเชื้อ + พ่นน้ำสะอาด	0	0.00
ปลูกเชื้อ + พ่นน้ำสะอาด	100	44.00
ปลูกเชื้อ +พ่นสารสกัดช้าพลู 42%	100	56.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดเทียนบ้าน 42%	100	46.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดเทียนบ้าน+ช้าพลู 42%	100	52.00

[1] เฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

[2] ความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคต่อดอก



ภาพที่ 9 ความเป็นพิษของสกัดช้าพลู เทียนบ้าน ช้าพลูผสมกับเทียนบ้าน ความเข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาบนดอกกุหลาบ T1 ไม่ปลูกเชื้อ, T2 ปลูกเชื้อ พ่นน้ำสะอาด, T3 ปลูกเชื้อ พ่นช้าพลู 42% , T4 ปลูกเชื้อ พ่นเทียนบ้าน 42%, T5 ปลูกเชื้อ พ่นช้าพลูผสมกับเทียนบ้าน 42%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 3 ระดับในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดจากเทียนบ้านที่มีความเข้มข้น 10, 20 และ 30% ลงบนดอกกุหลาบพันธุ์ปริ้นเซส เป็นเวลา 7 วันหลังจากการปลูกเชื้อพบว่าในทุกกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจะมีเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายเท่ากับ 100% และเมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารสกัดเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 10% จะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรคมาก ที่สุด คือ 36% รองลงมาได้แก่ที่ความเข้มข้น 20 และ 30% คือจะมีค่าดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 32%

4.2 การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดที่มีต่อการไหม้ของกลีบดอกกุหลาบ

4.2.1 ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดช้าพลู เทียนบ้าน และช้าพลูผสมเทียนบ้าน ต่อการไหม้ของกลีบกุหลาบ

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมกับช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ลงบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่าเป็นระยะเวลา 7 วันหลังจากปลูกเชื้อพบว่า ในทุกกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสารสกัด จะมีเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายเท่ากับ 100% และเมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ดัชนีการการเกิดโรคพบว่าสารสกัดช้าพลูที่มีความเข้มข้น 42% มีเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายมากที่สุดคือ 28% รองลงมาคือ สารสกัดเทียนบ้านผสมกับช้าพลู และสารสกัดเทียนบ้าน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายเท่ากับ 24 และ 20% ตามลำดับ

4.2.2 ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดเทียนบ้านที่มีต่อการไหม้ของกลีบกุหลาบ

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดจากเทียนบ้านที่มีความเข้มข้น 10, 20 และ 30% ลงบนดอกกุหลาบพันธุ์ปริ้นเซส เป็นเวลา 7 วันหลังจากการปลูกเชื้อ ผลปรากฏว่าในทุกกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจะมีเปอร์เซ็นต์ดอกที่เสียหายเท่ากับ 100% และเมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารสกัดเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 10% จะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรคมากที่สุดคือ 36% รองลงมาได้แก่ที่ความเข้มข้น 20% และ 30% คือมีค่าดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 32%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมธานอล

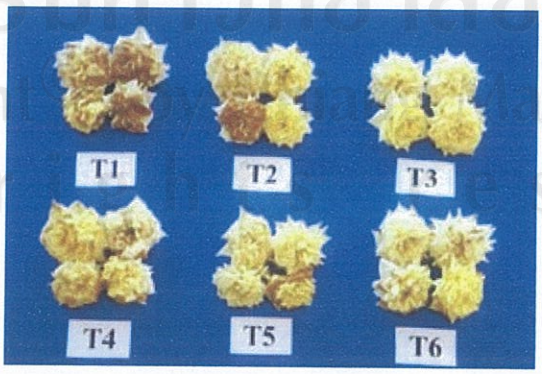
เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดด้วยเมธานอลจากพืชสมุนไพร 4 ชนิด คือ สาบหมา เทียนบ้าน ช้าพลู และทองพันชั่ง ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ลงบนดอกกุหลาบ โดยเปรียบเทียบกับสารกำจัดราไดเทนเอ็ม 45 เป็นเวลา 7 วัน หลังจากการปลูกเชื้อ พบว่าในทุกกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสารสกัดและสารเคมีไดเทนเอ็ม 45 มีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลายต่ำกว่าชุดควบคุม โดยสารสกัดจากเทียนบ้านมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลายน้อยที่สุดคือ 20% รองลงมา คือสารสกัดสาบหมา ไดเทนเอ็ม 45 สารสกัดช้าพลู และทองพันชั่ง ซึ่งมีค่าดัชนีการทำลายเท่ากับ 28% และ 36% ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย สูงถึง 88% (ตารางที่ 8 และภาพที่ 9)

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดสาบหมาช้าพลู เทียนบ้าน และทองพันชั่ง ความเข้มข้น 10,000 ppm กับสารกำจัดราไดเทนเอ็ม 45 ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่าหลังปลูกเชื้อ 7 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดอกที่เป็นโรคต่อต้น[1]	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย [2]
ปลูกเชื้อ + พ่นน้ำสะอาด	100	88.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดสาบหมา	100	28.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดเทียนบ้าน	100	20.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดช้าพลู	100	36.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดทองพันชั่ง	100	36.00
ปลูกเชื้อ + พ่นสารเคมี Dithane M-45	100	28.00

[1]เฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

[2] ความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคต่อดอก



ภาพที่ 10 ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมทธานอลจากสาบหมา (T2) เทียนบ้าน (T3) ช้าพลู (T4) ทองพันชั่ง (T5) และไดเทน เอ็ม 45 (T6) เทียบกับชุดควบคุมที่ปลูกเชื้ออย่างเดียว (T1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

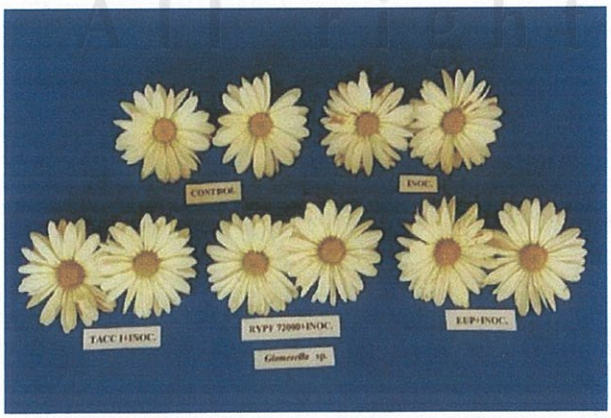
4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัด ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ ที่เกิดจากเชื้อรา *Glomerella cingulata* โดยใช้ Deached flower technique

จากการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชที่ผลิตเป็นการค้า ได้แก่ RYPF 72000 (น้ำมันสน) อัตรา 8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร, TACC. I (ค้างคาวดำ) อัตรา 8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร และ EUP. (สาบหมา) อัตรา 10 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร ลงบนดอกเบญจมาศ ก่อนการปลูกเชื้อ 1 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าทุกรรมวิธีให้ผลต่างจากชุดควบคุม(ปลูกเชื้อเพียงอย่างเดียว) โดยสารสกัดจากสาบหมาให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์การทำลายต่ำสุด คือ 47.08% และ 15.24% รองลงมาคือสารสกัด RYPF 72000 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 51.69% และ 17.14% ส่วน TACC. I มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 54.53% และ 18.00% ซึ่งสารสกัดทั้งสามชนิดให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 10)

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ โดยใช้ Detached Fower Technique

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค[1]	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลาย
ชุดควบคุม(ไม่ปลูกเชื้อ)	6.570 b	1.755 c
ปลูกเชื้อ	75.89 a	31.79 a
ปลูกเชื้อ+ พ่น RYPF 72000	51.69 c	17.14 b
ปลูกเชื้อ+ พ่น TACC. I	54.53 c	18.00 b
ปลูกเชื้อ+ พ่น EUP.	47.08 c	15.24 b
$LSD_{0.05}$	13.46	5.25
%CV	18.94	20.73

1 เฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ



ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพของสารสกัด RYPF 72000 (น้ำมันสน), TACC. I (ค้างคาวดำ) และ EUP.(สาบหมา) ในการควบคุมโรคใบจุดของเบญจมาศ
บน : ชุดควบคุม ไม่ปลูกเชื้อ และ ปลูกเชื้อ
ล่าง : ปลูกเชื้อและพ่น RYPF 72000, ปลูกเชื้อ และพ่น TACC. I และปลูกเชื้อ และพ่น EUP.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคใบจุดของแคลล่าลิลี่ โดยใช้ Detached Leaf Technique

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดจาก สาบหมา ช้าพลู เทียนบ้าน ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm และสารกำจัดราไดเทนเอ็ม45 ลงบนใบแคลล่า ลิลี่ เป็นระยะเวลา 3 วันหลังปลูกเชื้อผลปรากฏว่าทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100% ส่วนสารสกัดทั้งสามชนิดสามารลดเปอร์เซ็นต์การทำลายได้เพียงเล็กน้อย โดยสารสกัดจากเทียนบ้านให้เปอร์เซ็นต์การทำลายต่ำสุด รองลงมาคือ สาบหมา ช้าพลู ในขณะที่ไดเทนเอ็ม45 ให้ผลควบคุมโรคได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

5. ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคไม้ตัดดอกในสภาพเรือนทดลอง

5.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ

เมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดด้วยน้ำจากช้าพลู เทียนบ้าน และเทียนบ้านผสมกับช้าพลู ที่ความเข้มข้น 42% ลงบนดอกกุหลาบพันธุ์ไดอาน่า หลังการปลูกเชื้อ ผลปรากฏว่าพบว่าสารสกัดทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรคได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

5.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส

ก. ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำ

จากการฉีดพ่นสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพันชั่ง และสาบหมาผสมทองพันชั่ง ที่ความ เข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส เปรียบเทียบกับสารกำจัดราไดเทนเอ็ม 45 ก่อนและหลังการปลูกเชื้อ 24 ชั่วโมง จำนวน 5 ครั้ง ผลปรากฏว่าสารสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์ใบที่เป็นโรคต่อต้นได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนแอนทราโคลสามารถลดเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เป็นโรคต่อต้นต่ำกว่าชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ประสิทธิภาพของสารสกัดเมธานอล

ทำการฉีดพ่นสารสกัดเมธานอลจากสาบหมาที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดจากสาบหมาผสมกับสารกำจัดราเบนเลท (อัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และเบนเลท (อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) สลับกับแอนทราโคล (อัตรา 35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ลงบนต้นสแตติส ซึ่งแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสระดับรุนแรงตามธรรมชาติ ทุก 3 วัน จำนวน 4

ครั้ง ผลปรากฏว่าการฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากสาบหมามีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลายไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในขณะที่การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากพืชชนิดนี้ผสมกับเบนเลท และการฉีดพ่นเบนเลท สลับกับแอนทราโคลให้ผลดีในการลดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการทำลายแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพังชั่ง สาบหมาผสมทองพันชั่ง ที่ความเข้มข้น 42% และสารเคมี ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์พื้นที่เป็นโรคต่อต้น [1]				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
ไม่ปลูกเชื้อ+ พ่นน้ำสะอาด [2]	0	0.53	3.35	3.12	3.31
ปลูกเชื้อ + พ่นน้ำสะอาด	0.79	0.66	2.05	2.41	4.32
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดสาบหมา 42%	0.70	0.92	2.28	3.16	7.61
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดทองพันชั่ง 42%	0.10	1.07	1.98	4.36	5.92
ปลูกเชื้อ + พ่นสารสกัดสาบหมาผสมกับทองพันชั่ง 42%	0.70	1.03	1.55	3.39	5.72
ปลูกเชื้อ + พ่น Antracol	0.70	0.73	1.08	1.04	1.84
% CV				23.66	
$LSD_{0.05}$				3.26	

[1] เฉลี่ยจากการทดลอง 10 ซ้ำ

2 โรคเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือติดมากับต้นพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยเมทานอลจากสาบหมา และสารเคมี ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการเข้าทำลาย[1]			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4
พ่นน้ำสะอาด	21.57	30.29	43.46	44.40 a[2]
พ่น Benlate สลับกับ Antracol	20.55	25.78	31.33	24.24 b
พ่นสารสกัดผสมกับ Benlate	20.68	27.42	36.75	24.18 b
พ่นสารสกัดหยาบจากสาบหมา (เมทานอล)	23.76	29.13	46.59	42.59 a
%CV				49.92
$LSD_{0.05}$				2.028

[1] เฉลี่ยจากการทดลอง 10 ซ้ำ

[2] ตัวอักษรที่ต่างกันใน column เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชและสารเคมีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติสในสภาพแปลงปลูก

ทำการฉีดพ่นสารสกัดเมธานอลจากสาบหมาที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดสาบหมาผสมกับเบนเลท (อัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และเบนเลท (อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) สลับกับแอนทราโคล (อัตรา 35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ลงบนต้นสแตติส ซึ่งมีอาการของโรคแอนแทรค- โนสอย่างรุนแรงตามธรรมชาติ ในแปลงปลูกของศูนย์พัฒนาฯ แม่ปูนหลวง ผลปรากฏว่า ทุกกรรมวิธีสามารถลดเปอร์เซ็นต์ใบที่เป็นโรคได้ต่ำกว่าชุดควบคุม โดยสารสกัดจากสาบหมาผสมกับเบน-เลทสามารถลดเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเข้าทำลายใกล้เคียงกับการพ่นด้วยเบนเลท สลับกับแอนทราโคล แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธีเมื่อเทียบกับจากชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 12 สภาพแปลงทดลองซึ่งแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส ของสแตติส ตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปและวิจารณ์

จากการตรวจลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสบนใบสแตติสที่แผลเป็นจุดสีน้ำตาลแดง พบลักษณะของราสกุล *Glomerella* sp. อยู่ในระยะผสมพันธุ์ (sexual stage) สร้าง asci ใน perithecium ส่วนลักษณะแผลจุดสีน้ำตาลเข้ม พบเป็นราสกุล *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อราชนิดนี้อยู่ใน conidial stage ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบ acervulus รูปร่างคล้ายจานแบนสีดำ มีขน (setae) สีน้ำตาลถึงสีดำเข้มส่วนปลายแหลมมีผนังกั้น conidia ไม่มีสี รูปร่างกลมรีหัวท้าย ดังที่ Subers และ Cox (1973) ได้อธิบายไว้ สำหรับอาการโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบ เมื่อตรวจสอบส่วนต่างๆ พบเชื้อรา *Botrytis cinerea* ซึ่ง conidia เซลล์เดียว สีใสถึงสีน้ำตาลอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นบน conidiophore ตรงกับของ วรวรรณ (2533) ได้อธิบายไว้ เมื่อนำเชื้อ *B. cinerea* ที่แยกได้ไปปลูกเชื้อลงบนต้นกุหลาบ 5 พันธุ์ ผลปรากฏว่าพันธุ์ไดอาน่าและปริ้นเซสมีความอ่อนแอต่อการเกิดโรคเน่าราสีเทามากที่สุด เมื่อตรวจสอบลักษณะอาการโรคใบจุดของเบญจมาศที่แผลเป็นจุดสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ขนาดรูปร่างไม่แน่นอน พบเชื้อรา *Alternaria tenuissima* ซึ่งมีกลุ่มของ conidiophore และ conidia ของเชื้อนี้ปรากฏอยู่บริเวณแผล ดังที่พาณี (2536) ได้รายงานไว้ ส่วนลักษณะอาการใบจุดสีน้ำตาล กลางแผลมีสีขาว พบเชื้อรา *Cercospora* sp. นอกจากนี้อาการแอน-แทรคโนสซึ่งแผลบนใบเป็นจุดสีน้ำตาลแดง ขนาดเล็ก ขอบแผลไม่แน่นอน พบโครงสร้างที่เรียกว่า perithecium ของเชื้อรา *Glomerella cingulata* ภายในมี asci และ ascospore จำนวนมาก เมื่อนำเชื้อนี้ไปปลูกลงบนดอกเบญจมาศ โดยวิธี Detached Flower Technique พบว่าความเข้มข้นของ Inoculum 3.69 x 10^5 ทำให้ปรากฏอาการของโรคชัดเจนภายใน 3 วัน

การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของสารสกัดด้วยน้ำจากพืชสมุนไพร 6 ชนิด ที่ความเข้มข้น 30% บนอาหาร PDA โดยวิธีปั่นกรองแล้วทำให้ปลอดเชื้อด้วย autoclave พบว่าสารสกัดจากสาบหมาและทองพันชั่งให้ผลดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ 42.33% และ 41.58% เมื่อผสมสารระหว่างสาบหมาและทองพันชั่ง พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราชนิดนี้ได้ถึง 57% ดีกว่าการใช้สารสกัดชนิดเดียว ส่วนสารสกัดจากเทียนบ้าน และช้าพลู พบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *B. cinerea* 100% เมื่อนำพืชทั้งสองชนิดมาผสมกัน พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญได้ 100% เช่นกันที่ความเข้มข้น 30% และ 42% ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสารออกฤทธิ์ที่อยู่ในพืชแต่ละชนิดซึ่งปกติมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีอยู่แล้ว เมื่อนำมาผสมกันทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีผลส่งเสริมกันมากขึ้น จากการสกัดสารจากพืชสมุนไพรแห้งและทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ และแคลล่าลิลี่ พบว่าสารสกัดข้าพลูที่ความเข้มข้น 10%สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. cingulata* และ *Colletotrichum* sp. ได้ 100% ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากสาบหมาให้ผลดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อรา *C. cassiicola* ได้เพียง 43.43% นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดน้ำหมักจากดอกบัวตอง และจะข่านหัว-วอกจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขางสามารถยับยั้งเชื้อรา *A. tenuissima* และ *Cercospora* sp. ได้ 100% สำหรับประสิทธิภาพของสารสกัดเมธานอลจากพืชสมุนไพรสด 6 ชนิด พบว่าสาบหมาที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* และ *B. cinerea* ได้ 58.9% และ 32.7 % ตามลำดับ ส่วนสารสกัดเทียนบ้านสามารถยับยั้งเชื้อราดังกล่าวเพียงเล็กน้อย ในขณะที่สารสกัดจากพืชสมุนไพรแห้งจากเทียนบ้านและโกฐจุฬาลัมพา ที่ความเข้มข้นเดียวกันยับยั้งเชื้อ *A. tenuissima*ได้ 100% เมื่อผสมสารสารสกัดจากเทียนบ้านและสาบหมา พบว่าที่ความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อราชนิดนี้ได้ 100% ในขณะที่สารสกัดข้าพลูและเทียนบ้านสามารถยับยั้งเชื้อรา *Cercospora* sp. ได้ 100% นอกจากนี้สารสกัดข้าพลู ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ 100% และเมื่อผสมสารสกัดจากข้าพลูกับสาบหมาที่ความเข้มข้นเดียวกันให้ผลยับยั้งเชื้อราชนิดนี้ได้ 100% เช่นกัน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากเทียนบ้าน ข้าพลู ข้าพลูผสมกับเทียนบ้านที่ความเข้มข้น 42% ในการควบคุมโรคเน่าราสีเทาของกุหลาบพันธุ์ไดอาน่าในห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง ผลปรากฏว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถควบคุมโรคเน่าราสีเทาได้ และยังมีผลทำให้กลีบดอกไหม้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดสอบประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการใช้ความเข้มข้นและปริมาณพืชสูง สารที่มีฤทธิ์ทำให้กลีบดอกไหม้จึงมีปริมาณมาก ในขณะที่สารสกัดด้วยเมธานอลจากเทียนบ้าน สาบหมา ข้าพลู และทองพันชั่งให้ผลดีในการควบคุมโรคดังกล่าว และยังไม่ทำให้กลีบดอกไหม้ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่ผลิตเป็นการค้า ได้แก่ RYPF 72000 (8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร), TACC I (8 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร) และ EUP. (10 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเบญจมาศ ที่เกิดจากเชื้อรา *Glomerella cingulata* โดยฉีดพ่นสารดังกล่าวในอัตราที่สูงกว่าฉลากระบุหนึ่งเท่าลงบนดอกเบญจมาศ ก่อนการปลูก 1 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าสารสกัดทั้งสามชนิดให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การทำลายต่ำกว่าชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างในสารสกัดแต่ละชนิด การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาบหมา เทียนบ้าน ข้าพลู กับสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำจัดราไดเทนเอ็ม 45 ในการควบคุมโรคใบจุดแคลล่าลิลี่ ที่เกิดจากรา *Corynespora* sp. ผลปรากฏว่าสารสกัดจากพืชทั้งสามชนิดสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่สารกำจัดราไดเทนเอ็ม 45 สามารถควบคุมโรคได้อย่างสมบูรณ์

การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติสที่ทำการปลูกเชื้อในสภาพเรือนทดลอง โดยฉีดพ่นสารสกัดด้วยน้ำจากสาบหมา ทองพันชั่ง และสารผสมทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 42% เปรียบเทียบกับสารกำจัดราแอนทราโคล ผลปรากฏว่าสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิด และแอนทราโคลไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสาบหมาด้วยเมทธา-นอล ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm และสารกำจัดราเบนเลทร่วมกับแอนทราโคล ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของสแตติส ซึ่งเกิดโรคอย่างรุนแรงตามธรรมชาติ ในเขตพื้นราบที่ตำบลช่างเคี่ยน อำเภอเมือง และบนที่สูง ของศูนย์พัฒนาฯ แม่ปูนหลวง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ผลปรากฏว่าสารสกัดจากสาบหมาให้ผลลดเปอร์เซ็นต์การทำลายได้ไม่มากนักเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อใช้สารสกัดนี้ผสมกับเบนเลท (5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) เทียบกับการใช้เบนเลท (10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) สลับกับแอนทราโคล (35 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)สามารถลดเปอร์เซ็นต์การทำลายได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากผลการใช้สารสกัดผสมกับสารกำจัดรา พบว่ามีฤทธิ์เสริมกันสามารถลดเปอร์เซ็นต์การทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้ แต่การควบคุมโรคในสภาพแปลงปลูกถือว่ายังไม่สามารถควบคุมโรคได้สมบูรณ์ ทั้งนี้อาจจะมีผลมาจากปัจจัยของสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น และความแข็งแรงของพืช อย่างไรก็ตามหากทำการฉีดพ่นสารสกัดป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคก่อนเกิดการระบาดของโรค ร่วมกับเขตกรรม และการดูแลพืชอย่างเหมะสม จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากโรคได้เช่นกัน อีกทั้งในการสกัดสารจากพืชสมุนไพรด้วยน้ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตใช้ได้เอง หรือซื้อสารสกัดด้วยเมธานอลที่อยู่ในรูปเข้มข้นไปใช้ โดยการใช้ร่วมหรือสลับกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารเคมี แต่ทั้งนี้ควรจะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มขึ้น ถึงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ และความคงทนของสารสกัดจากพืช ที่จะนำไปใช้ควบคุมโรคต่างๆในแปลงปลูกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542 . *ดอกไม้โครงการหลวง*. ยุวพรพริ้นติ้ง. กรุงเทพ.84 หน้า.

ขจรศักดิ์ ตระกูลพัว. 2539. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรแปดชนิดต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและโรคผิวหนังที่คัดเลือก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบันฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 271 หน้า.

พาณี กิจสุวรรณ. 2536. การศึกษาโรคใบจุดสีน้ำตาลของเบญจมาศที่เกิดจากเชื้อราออลเทอนาเรียและการควบคุมโรคโดยใช้จุลินทรีย์ อีเอ็ม. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.52 หน้า.

นุชนารถ จงเลขา สุคนธ์ทิพย์ สมบัติ และสมภพ ก๊วยศรีพงษ์.2541-2542. การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคของพืชผักบางชนิด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ตามโครงการวิจัยที่ 3224/5 งบประมาณ 2541-2542. 67 หน้า.

ประเทืองศรี สินชัยศรี สุดฤดี ประเทืองวงศ์ อุดม ก๊กผล และเนื่องพนิช สินชัยศรี. 2536. สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการป้องกันกำจัดโรคพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย.ในรายงานสัมมนาการใช้สารสกัดจกพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 93-102 .

ผ่องศรี ธาราภูมิ. 2530. การสำรวจโรคของเบญจมาศและการศึกษาโรคใบจุดของเบญจมาศในประเทศไทย. เนื้อความย่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 177-178.

พัฒนา สนธิรัตน.2539. การใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการควบคุมโรคพืช. เทคโนโลยีชีวภาพโรคพืชและจุลชีววิทยา. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการ.หน้า14-24.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2540. รายงานวินิจฉัยโรคประจำปี พ.ศ. 2540. ฝ่ายป้องกันและกำจัดศัตรูพืช บนที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง.

รังสี เจริญสถาพร สมาน แก้วบุญเรือง ประเสริม ปิ่นประยงค์ ทวีเก่าศิริ วิโรจน์ แก้วเรือง.2538. ผลของสารต่อต้านซึ่งสกัดจากหม่อนพันธุ์ต่างๆ ต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชบางชนิด.การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2. หน้า 39-53.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รัตนา สินธุภัค อริยา ติรณะประกิจ อริยา จินดาพร และวัณณศรี สินธุภัค. 2535 . การยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อโรคกลากด้วยสมุนไพร.วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ 6 (1) : 9-11.

วรวรรณ ศักดิ์วงศ์, ประพันธ์ โอสภาพันธุ์, ศิริเปรม พุทรา. 2533 . การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิดต่อเชื้อรา *Botrytis cinerea* . สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ อำเภอสันทราย เชียงใหม่. 57 หน้า.

วิชัย ก่อประดิษฐ์สกุล ชัยณรงค์ รัตนศรีฑากุล และรุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล .2533. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีต่อการเจริญของเชื้อโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 (บทคัดย่อ). หน้า 95 .

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2532 . *เทคโนโลยีการผลิตและธุรกิจไม้ตัดดอก* . ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.398 หน้า

สิริวิภา สัจจพงษ์ ประเทืองศรี สินไชยศรี และพรรณผกา รัตนโกศล . 2537 . ประสิทธิภาพของสารสกัดในการป้องกันกำจัดโรคใบจุดสีม่วง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ 2537. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีษะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการ. หน้า 248-249.

สุมาลี เลี่ยมทอง เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร วัชรินทร์ รุกขไชยศิริกุล และเสมอใจ ชื่นจิต. 2540.การศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิดเพื่อใช้ควบคุมโรคของคะน้า. วารสารโรคพืช. 12(7) :154-160.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. แนวทางการพัฒนาไม้ดอกไม้ประดับในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8(2540-2544). เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 185 หน้า.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2520. *โรคและศัตรูไม้ตัดดอก*. ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ. 152 หน้า.Chandrasrikul, A. 1962. A Preliminary Host List of Plnat Disease In Thailand Technical Bulletin No.6 D.O.A. Bangkok Thailand. 23 p.

Engelhard, W., C.M. Howard and G.J Wilfret.1972. A neew crown rot, leaf and scape spot disease of statice (*Limonium sinuatum*) incited by Colletotrichum sp. Plant Disease Reporter 56 : 894-895.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

James, W.C.and C.S. Shin.1972.Relationship between incidence and severity of powdery milldew and leaf rust on winter wheat. Phytophology 63 : 183-187.

Pascal, P. Pirone. 1978. ZANTEDESCHIA AETHIOPICA. Disease and Pest of Ornamental Plant.The New York Botanical Garden. John Wiley.515-516 pp.

Samerchai chuenchitt, S. Phungpaichit and S. Rakiad. 1994. Botanical extract for control of anthracnose disease p. 20. In Abstracts of Papers.Joint USU-USM-PSU Sciencetific Seminar in IMT triangle zone, Medan, Organized by Univ. Sumatera Utara in Cooperation with Univ.Sains Malaysia and Prince of Songkla Univ.

Sobers, E.K. and R.S. Cox.1973. Anthracnose of statice in southern florida. Phytopathology 63 :193-198.

Ubon Somsong.2532. Botanicals as fungicides against Botrytis moulds of Vegetables. รายงานการประชุมกลุ่มพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ กรมวิชาการ.

Walla, E.C. 1979. Soybean Disease Atlas. The Southern Soybean Disease Works. pp 1-2 In Compendium of Soybean Disease.Taxas A&M.University College Station.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 5

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงและพื้นที่สูง (ตอนที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรกำลังอยู่ในความนิยมของผู้บริโภค น้ำยาระงับกลิ่นปากสมุนไพรชนิดพ่นและชนิดหยดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ช่วยให้ปากสะอาดและลมหายใจสดชื่นหลังจากการใช้ เนื่องจากมีส่วนประกอบเป็นน้ำมันหอมระเหยซึ่งได้จากพืชสมุนไพร/พืชหอมที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง เช่น spearmint และ peppermint จากการทดลองตั้งตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยด (mouth drops) และชนิดพ่น (mouth spray) จากน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว ได้ศึกษาความคงสภาพและความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อน้ำยาระงับกลิ่นปาก พบว่าตำรับที่เป็นที่นิยมมีส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยคือ spearmint และ peppermint ดังนั้น การเพาะปลูกพืชสมุนไพรดังกล่าวเพื่อใช้ผลิตน้ำมันหอมระเหยก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตพืชสมุนไพรและเพิ่มทางเลือกของเกษตรกรในการเพาะปลูกพืชอีกด้วย

Abstract

Nowadays health care products from medicinal plants are very popular among consumers. Mouth drops and mouth spray are used refresh the mouth and breath. They contain essential oils obtained from medicinal/aromatic plants cultivating in the Royal Project area such as spearmint and peppermint. Formulations of mouth drops and mouth spray from these essential oils, their stability and the volunteers' preference studies revealed that the mouth drops and mouth spray containing spearmint and peppermint oils were preferred by volunteers. Thus, cultivation of these medicinal plants for extraction of essential oils will give value-added of the crops and furthermore, it can be an alternative choice for farmers.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**1**
สารบัญ	2
บทนำ	**3**
กรรมวิธีทดลอง	7
ผลการวิจัย	9
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	15
เอกสารอ้างอิง	16
ภาคผนวก	17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ (health care products) เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันกระแสความนิยมผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรของผู้บริโภคก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีองค์ประกอบที่ได้มาจากสารสกัดพืชสมุนไพรวางจำหน่ายมากมายทั้งในรูป ยา อาหาร เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์สุคนธบำบัด (aromatherapy products)

ในปี ค.ศ. 1998 ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มาจากธรรมชาติมีส่วนแบ่งในตลาดของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในสหรัฐอเมริกาถึง 12% หรือ 2.85 billion และคาดว่าจะมีตลาดเพิ่มขึ้นประมาณ 9-10 % ในอีก 3 ปี สำหรับประเทศไทยตลาดผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรก็เติบโตอย่างรวดเร็วทั้งที่นำเข้าและผลิตเองในประเทศ ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีพืชสมุนไพรมากมายที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ก็ตาม แต่ยังขาดการวิจัยและพัฒนาอย่างจริงจังเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่น่าใช้ คงสภาพ และใช้ประโยชน์ได้สมความมุ่งหมาย

ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ใช้ในช่องปาก เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก ลูกอม และสเปรย์ดับกลิ่นปาก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ดับกลิ่นไม่พึงประสงค์ของร่างกาย เช่น ลูกกลิ้ง / สเปรย์ดับกลิ่นตัว ผง / สเปรย์ดับกลิ่นเท้า และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในสุคนธบำบัดเช่น น้ำมันหอมนวดตัว ต่างก็พัฒนามาจากน้ำมันหอมระเหย และสารสกัดจากพืชสมุนไพรแทบทั้งสิ้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากสารสังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติมีแนวโน้มลดความนิยมของผู้บริโภคลง

พื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง และพื้นที่สูงในภาคเหนือมีสภาพเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชสมุนไพร และพืชหอมจำนวนมาก ซึ่งทางมูลนิธิฯ ก็ได้ทดลองเพาะปลูกพืชเหล่านี้อยู่แล้ว ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้ประโยชน์ของพืชสมุนไพร และพืชหอมเหล่านี้ให้มากยิ่งขึ้น จึงเห็นสมควรนำพืชสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยมาแปรรูปเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป นอกเหนือจากการผลิตเพื่อใช้ในสภาพของพืชสด และแห้ง

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย : เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรและพืชหอมที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการและพื้นที่สูง ซึ่งจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์ของพืชดังกล่าวได้มากขึ้นจากการบริโภคในสภาพพืชสด และแห้ง โดยมีขอบเขตการวิจัยตั้งแต่การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชหอมที่เพาะปลูกโดยมูลนิธิฯ และนำน้ำมันหอมระเหยมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่าง ๆ โดยในโครงการวิจัยปีที่ 1 ได้ผลิตน้ำยาบ้วนปากชนิดเข้มข้นจากน้ำมันหอมระเหย ส่วนในปีที่ 2 ได้พัฒนาน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยด (mouth drops) และชนิดพ่น (mouth spray)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ : เป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้พืชสมุนไพรและพืชหอมที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิฯ และพื้นที่สูง ได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีลักษณะน่าใช้ ความคงสภาพดี และเป็นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งจะช่วยลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเหล่านี้ รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยที่ใช้อีกด้วย

ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพโดยเฉพาะที่มีส่วนประกอบที่มาจากพืชสมุนไพร ที่กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นตามลำดับ เพื่อส่งเสริมให้มีบุคลิกภาพที่ดี โดยทั่วไปมีทั้งน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นที่เป็นยา (medicated mouth drops/ mouth spray) และเครื่องสำอาง (cosmetic mouth drops/ mouth spray) ขึ้นกับชนิดของส่วนประกอบในน้ำยาบ้วนปาก และวัตถุประสงค์ของการใช้

น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นที่เป็นยา จะมีส่วนประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ลดอาการอักเสบของช่องปาก ฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในช่องปาก ฤทธิ์สมานแผลในปาก การวิจัยและพัฒนาน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นที่เป็นยาจะเป็นไปตามแนวทางที่กำหนดไว้สำหรับยา ส่วนน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นที่เป็นเครื่องสำอาง มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันและระงับกลิ่นปาก ทำให้ลมหายใจและปากสดชื่น เพื่อเป็นการเสริมบุคลิกภาพให้ดีขึ้น

น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นเป็นของเหลวที่ใช้หยดและพ่นในปากโดยปกติ ไม่ต้องบ้วนทิ้ง เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้ สะดวกต่อการพกพาติดตัวไปใช้ได้ตามต้องการ

น้ำมันหอมระเหย (essential oils) หรือน้ำมันระเหยง่าย (volatile oils หรือ ethereal oils) คือสารประกอบทางเคมีที่เกิดอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชสามารถระเหยที่อุณหภูมิห้อง และส่วนใหญ่มีกลิ่นหอม น้ำมันหอมระเหยเกือบทุกชนิดมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อมนุษย์ เช่น ต้านหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ลดอาการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ กระตุ้นสมองส่วนกลาง ช่วยให้หายใจสะดวกขึ้น น้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีผลกับจิตใจและอารมณ์ด้วย เช่น ลดอาการกังวล ทำให้จิตใจผ่อนคลาย และสดชื่น

น้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชจะมีปริมาณน้อยเช่น 0.1 % เป็นต้นไป แต่ก็มีบ้างที่มีอยู่ในปริมาณสูง การสกัดน้ำมันหอมระเหยอาจกระทำได้หลายวิธี ทั้งที่ใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน วิธีการที่นิยมใช้คือ การกลั่นด้วยน้ำ (hydro/water distillation) การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) และการบีบ (cold expression) การจะใช้วิธีไหนขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีว่าสามารถทนกับความร้อนได้หรือไม่

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยได้แก่สารประกอบ phenylpropanoids และ terpenoids ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ alcohol, ester, aldehyde, ketone, ether, oxide, acid ในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีมากมาย อาจเป็นจำนวนร้อยชนิดหรือมากกว่า ดังนั้นกลิ่นหอมหรือคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจึงแปรผันไปตามชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำมันหอมระเหยที่นิยมผสมในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับช่องปากได้แก่ peppermint และ spearmint ซึ่งจะทำให้รู้สึกสดชื่น และปากสะอาด ในการวิจัยและพัฒนาน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นในโครงการนี้ได้เลือกใช้น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชหอม/พืชสมุนไพรที่สามารถเพาะปลูกได้ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง เช่น peppermint, spearmint oils เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักของมูลนิธิฯ

น้ำมัน peppermint

น้ำมัน peppermint ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำจากยอด (flowering tops) ของพืช *Mentha piperita* L.ซึ่งมีหลายชนิดรวมทั้งพันธุ์ลูกผสมด้วย น้ำมัน peppermint มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว คือ grassy-minty camphoraceous odour.

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน peppermint ได้แก่ menthol, menthone, menthyl acetate, menthofuran, limonene, pulegone, cineol

คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของน้ำมัน peppermint มีมากมาย ที่สำคัญได้แก่ ลดอาการคั่งของน้ำเมือกในระบบทางเดินหายใจ ลดอาการอักเสบ ละลายเสมหะ ขับลม ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อไวรัส ดังนั้นจะเห็นว่าการใช้ประโยชน์ทางยาของน้ำมัน peppermint มีมากมาย นอกเหนือจากการใช้แต่งกลิ่นในยา เครื่องสำอาง เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก



รูปที่ 1 Peppermint

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำมัน spearmint

น้ำมัน spearmint ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำจากยอดของพืช *Mentha spicata* L. มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว คือ spicy-herbaceous, minty odaur.

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน spearmint ได้แก่ l-carvone, dihydrocarvone, phellandrene, limonene, menthone, menthol, pulegone, cineol, linalol

คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของน้ำมัน spearmint คล้าย ๆ กับน้ำมัน peppermint การใช้ประโยชน์ของน้ำมัน spearmint ก็เช่นเดียวกับน้ำมัน peppermint



รูปที่ 2 Spearmint

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำมันกานพลู (clove oil)

น้ำมันกานพลูได้จากการกลั่นด้วยน้ำจากดอกตูม, ใบ และก้าน หรือลำต้นของพืช *Syzygium aromaticum* หรือ *Eugenia aromatica* น้ำมันกานพลูมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน มีกลิ่น sweet-spicy

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันกานพลูได้แก่ eugenol, eugenol acetate, caryophyllene

คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของน้ำมันกานพลูที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ แก้ปวดฟัน เนื่องจากมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จึงใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับปาก เช่น น้ำยาดับกลิ่นปาก อย่างไรก็ดีเนื่องจากน้ำมันกานพลูอาจทำให้เกิดอาการระคายเคืองได้ จึงควรระมัดระวังในการใช้กับผิวหนังอ่อน และเยื่อเมือก

น้ำมัน cinnamon

น้ำมัน cinnamon มีแหล่งที่มาจากพืช 2 ชนิด คือ *Cinnamomum cassia* หรือ Chinese cinnamon และ *Cinnamomum zeylamicum* หรือ Ceylon cinnamon น้ำมัน cinnamon ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำจากใบ, กิ่ง และเปลือกด้านใน (inner bark) น้ำมัน cinnamon มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองออกน้ำตาล มีกลิ่นหอมคล้ายเครื่องเทศ (sweet, spicy odour)

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน cinnamon ได้แก่ cinnamaldehyde, eugenol, benzaldehyde, cineol, linalool, phellandrene

กรรมวิธีทดลอง

สถานที่ทดลอง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระยะเวลาทำการทดลอง 2543 – 2545 รายงานฉบับนี้เป็นการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2543 – กันยายน 2544

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

2.1 วัสดุ

- พืชหอมที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง ได้แก่ spearmint, peppermint
- cinnamon oil
- clove oil
- peppermint oil
- spearmint oil
- menthol

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- saccharin sodium
- ethanol 95%
- sorbitol
- PEG-40 Hydroginated castor oil (PEG 40 HC)
- glycerine

2.2 อุปกรณ์เคมี

- magnetic stirrer
- magnetic bar
- เครื่องแก้วต่าง ๆ
- เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาด 5 ลิตร
- heating mantle ขนาด 5 ลิตร

วิธีการทดลอง

3.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่คัดเลือกแล้ว

- นำพืชหอมสดมากลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) โดยใช้ clevenger apparatus หลังจากแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำแล้ว วัดปริมาตรน้ำมันหอมระเหย

3.2 การตั้งตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

1. ผสมน้ำมันหอมระเหยที่คัดเลือกแล้วกับอัลกอฮอล์
2. ผสม PEG-40 Hydrogenated castor oil (PEG-40 HC)
3. เติม glycerin, sorbitol, saccharin sodium solution และน้ำตามลำดับ คนให้เข้ากันทุกครั้งที่เติมสารแต่ละชนิดลงไป ปริมาณองค์ประกอบของแต่ละตำรับตามตารางที่ 1-6
4. แต่งสีผลิตภัณฑ์ด้วยสี FD & C ตามสมควร

3.3 การทดสอบความพอใจของอาสาสมัคร

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยด ที่กลิ่นและรสชาติดีจากจำนวน 19 ตำรับ ได้มา 6 ตำรับ ให้อาสาสมัครจำนวน 15 คน อายุ 22-30 ปี เลือกให้เหลือเพียง 4 ตำรับ

ขั้นตอนที่ 2 นำน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยด จำนวนที่คัดเลือกแล้ว 4 ตำรับ ให้อาสาสมัครทดลองใช้ จำนวน 35 คน อายุ 18-61 ปี ชายจำนวน 9 คน หญิงจำนวน 26 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 การศึกษาความคงสภาพของน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

1. นำน้ำยาระงับกลิ่นปากบรรจุขวด และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4°C, 45°C และอุณหภูมิห้องในสภาวะปกติเป็นเวลา 16 เดือน
2. สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำยาระงับกลิ่นปาก

ผลการวิจัย

1. การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากพืชหอมที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง
   1.1 Peppermint ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้คิดเป็นร้อยละ 0.38 ลักษณะเป็นของเหลว ใส มีกลิ่นเฉพาะตัว
   1.2 Spearmint ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้คิดเป็นร้อยละ 0.33 ลักษณะเป็นของเหลว ใส,มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว

2. ผลการตั้งตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

ตารางที่ 1 ตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากที่ทดลองเตรียมขึ้นและคัดเลือกมา

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w						
ส่วนประกอบ	1	2	3	4	5	6	7
Peppermint oil	4.00	2.40	5.06	4.18	-	1.33	1.78
Spearmint oil	4.00	2.40	0.80	0.80	-	-	0.89
Cinnamon oil	-	1.60	0.36	0.35	4.71	3.56	2.67
Clove oil	-	1.60	-	0.89	0.94	0.89	0.89
Menthol	-	-	1.78	1.78	2.35	2.22	1.77
Ethanol	12.50	12.50	12.50	12.5	12.50	12.50	12.50
Glycerin	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Sorbitol	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
PEG-40 HC	15.00	15.00	15.00	7.00	15.00	7.00	15.00
Saccharin 30% sol^n	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Water	48.70	48.70	48.70	48.70	48.70	48.70	48.70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากที่เตรียมจากส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยมากกว่า 2 ชนิดมีกลิ่นดี แต่มีรสขมเล็กน้อย ทุกตำรับเป็นสารละลายใส การทดแทนน้ำมันหอมระเหยบางส่วนด้วย menthol ทำให้ รู้สึกสดชื่นและเย็นซ่าในปากมากขึ้น

ตารางที่ 2 การปรับปริมาณน้ำมันหอมระเหยผสมในแต่ละตำรับ

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w		
ส่วนประกอบ	**7**	**8**	**9**
Peppermint oil	1.78	1.33	0.89
Spearmint oil	0.89	0.67	0.44
Cinnamon oil	2.67	2.00	1.34
Clove oil	0.89	0.67	0.44
Menthol	1.77	1.33	0.89
Ethanol	12.50	12.50	12.50
Glycerin	7.00	7.00	7.00
Sorbitol	7.00	7.00	7.00
PEG-40 HC	15.00	15.00	15.00
Saccharin 30% sol^{n}	1.80	1.80	1.80
Water	48.70	50.70	52.70

พบว่าการลดปริมาณของน้ำมันหอมระเหยและmentholลง ทำให้น้ำยาระงับกลิ่นปากมีรสดีขึ้นไม่ขม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 การปรับปริมาณของ PEG-40-HC

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w	
ส่วนประกอบ	**10**	**1**
Peppermint oil	4.00	4.00
Spearmint oil	4.00	4.00
Ethanol	12.50	12.50
Glycerin	7.00	7.00
Sorbitol	7.00	7.00
PEG-40 HC	20.00	15.00
Saccharin 30% sol^{n}	3.40	1.80
Water	42.10	48.70

การปรับลดปริมาณ PEG-40-HC จาก 20% เป็น 15% ในขณะที่ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเท่าเดิม พบว่ายังคงได้สารละลายใส

ตารางที่ 4 การปรับปริมาณของ sodium saccharin

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w			
ส่วนประกอบ	**10**	**11**	**12**	**13**
Peppermint oil	8.00	8.00	8.00	8.00
Ethanol	12.50	12.50	12.50	12.50
Glycerin	10.00	10.00	10.00	10.00
Sorbitol	10.00	10.00	10.00	10.00
PEG-40 HC	20.00	20.00	20.00	20.00
Saccharin 30% sol^{n}	10.00	6.70	5.00	3.40
Water	30.00	32.80	34.50	36.10

ในกรณีที่ใช้ peppermint oil เพียงอย่างเดียว เมื่อลดปริมาณ saccharin solution จาก 6.70% เป็น 3.40% ทำให้น้ำยาระงับกลิ่นปากที่ได้มีรสขมไม่น่าใช้ เมื่อใช้ saccharin solution 10% ทำให้น้ำยาระงับกลิ่นปากมีรสหวานเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้ saccharin solution ความเข้มข้นระหว่าง 5.00-6.7%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 การปรับปริมาณของ spearmint oil

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w		
ส่วนประกอบ	**14**	**15**	**16**
Spearmint oil	4.0	2	2
Ethanol	12.5	12.5	12.5
Glycerin	7.0	7.0	7.0
Sorbitol	7.0	7.0	7.0
PEG-40 HC	15.0	15.0	10.0
Saccharin 30% sol^{n}	1.5	1.5	1.0
Water	53.0	55.0	60.5

ได้พัฒนาตำรับกลิ่น spearmint เพียงอย่างเดียว อีกกลิ่นเพื่อเพิ่มความหลากหลายของรสชาติ

ตารางที่ 6 การปรับปริมาณของ peppermint oil

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w			
ส่วนประกอบ	**17**	**18**	**19**	**20**
Peppermint	15.00	10.00	8.00	4.00
Ethanol	12.50	12.50	12.50	12.50
Glycerin	10.00	10.00	10.00	10.00
Sorbitol	10.00	10.00	10.00	10.00
PEG-40 HC	20.00	20.00	20.00	20.00
Saccharin 30% sol^{n}	6.70	6.70	6.70	6.70
Water	25.80	30.80	32.80	36.80

ทดลองปรับปริมาณ peppermint oil ในกรณีที่ในตำรับใช้ peppermint oil เพียงอย่างเดียว พบว่าตำรับที่มี peppermint oil มากกว่า 8% น้ำยาระงับกลิ่นปากที่ได้มีรสขม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ผลการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัคร

ตารางที่ 7 ตำรับที่คัดเลือกเพื่อทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัคร

ตำรับที่	ปริมาณ %w/w					
ส่วนประกอบ	**3**	**9**	**11**	**16**	**17**	**18**
Peppermint	8.00	4.00	5.06	1.33	0.89	-
Spearmint	-	4.00	0.80	0.67	0.44	4.00
Cinnamon	-	-	0.36	2.00	1.34	-
Clove	-	-	-	0.67	0.44	-
Menthol	-	-	1.78	1.33	0.89	-
Ethanol	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
Glycerin	10.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Sorbitol	10.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
PEG-40 HC	20.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Saccharin 30% sol^{n}	6.70	1.80	1.80	1.80	1.80	1.50
Water	32.80	48.7	48.7	50.70	52.70	53.00

จาก 6 ตำรับ ให้อาสาสมัครจำนวน 15 คนอายุระหว่าง 22-30 ปี เลือกตำรับที่พึงพอใจเพียง 4 ตำรับเพื่อนำไปทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีอายุอยู่ในช่วงที่กว้างขึ้นและในจำนวนที่มากขึ้น จากผลการทดสอบพบว่าตำรับที่อาสาสมัครพึงพอใจ 4 ตำรับซึ่งนำไปทดสอบต่อคือ ตำรับ 3, 16, 17 และ 18

ในการทดสอบความพึงพอใจครั้งที่สอง อาสาสมัครที่ทดสอบจำนวน 35 คน หญิง 26 คน ชาย 9 คน อายุระหว่าง 18-61 ปี

ผลการทดสอบพบว่า จำนวนอาสาสมัครที่เลือกตำรับต่างๆ อันดับหนึ่ง ดังนี้

ตำรับ 3 = 20 คน

ตำรับ 16 = 3 คน

ตำรับ 17 = 2 คน

ตำรับ 18 = 10 คน

ในการศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครที่ทดสอบ น้ำยาระงับกลิ่นปากจำนวน 35 คน มีเพียง 1 คนที่เคยใช้น้ำยาระงับกลิ่นปากมาก่อน

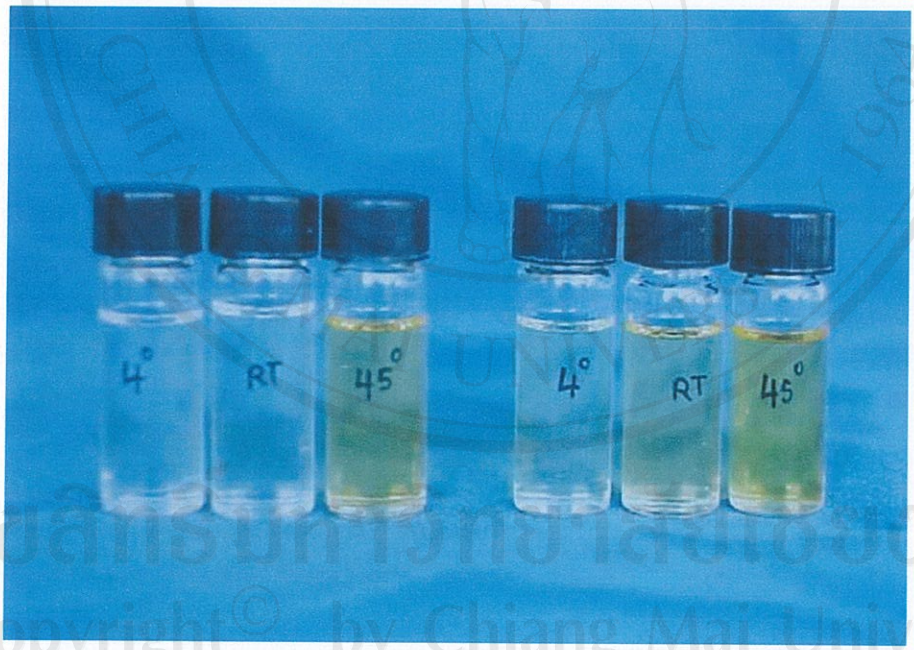
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบทำโดยให้ตัวอย่างอาสาสมัครไปใช้ คนละ 4 ตัวอย่าง โดยระบุให้ใช้ตัวอย่างละ 4 ครั้ง ก่อนการตัดสินใจเลือกเพื่อกรอกผลในแบบสอบถาม

จากการทดสอบพบว่าตำรับ 3 และ 18 เป็นตำรับที่อาสาสมัครชอบมากที่สุดและไม่มีรายงานว่าเกิดอาการระคายเคืองในปากเลย

4. ผลการศึกษาความคงสภาพของน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

1. น้ำยาระงับกลิ่นปากตำรับ 16,17 และ 18 เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยหลังจากเก็บไว้ 8 เดือน ส่วนตำรับ 3 สีไม่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาการศึกษา 16 เดือน
2. น้ำยาระงับกลิ่นปากทุกตำรับเก็บที่อุณหภูมิ 45°C จะมีสีเข้มขึ้นหลังจากเก็บไว้ได้ 2 เดือน
3. รสชาติน้ำยาระงับกลิ่นปากเปลี่ยนไปจากเดิมตามความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นหลังจากเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา16 เดือน



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ปรากฏของน้ำยาระงับกลิ่นปาก (2 ตำรับ) หลังจากเก็บไว้ 16 เดือน ที่ 4°C,อุณหภูมิห้องและ 45°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง เช่น peppermint และ spearmint สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นส่วนประกอบของน้ำยาระงับกลิ่นปากได้ดี
2. ได้ตำรับน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นอย่างละ 2 ตำรับจาก 6 ตำรับที่ให้อาสาสมัครทดลองใช้ และน้ำยาระงับกลิ่นปากทั้ง2 ตำรับมีความคงตัวดีพอควร แต่ควรเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส
3. จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชหอม/พืชสมุนไพรที่เพาะปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงมาใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเช่นน้ำยาบ้วนปากชนิดเข้มข้น น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น
4. น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น (ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แสดงอยู่ในรูปข้างล่างนี้) ได้ทดลองวางตลาดจำหน่ายในงานนิทรรศการโครงการหลวงครั้งที่ 32 และ 33 ที่กรุงเทพฯ และงานดอยคำครั้งที่ 12 ที่จังหวัดเชียงใหม่ ผลปรากฏว่าได้รับการตอบรับที่ดีมาก สามารถผลิตจำหน่ายในตลาดของมูลนิธิฯ ได้



รูปที่ 4 น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. สำหรับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในขณะนี้ยังไม่สามารถประเมินได้ เนื่องการวิจัยครั้งนี้ยังเป็นระดับห้องปฏิบัติการ จะต้องมีการทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป
6. ในการผลิตน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดพ่นยังมีปัญหาเรื่องการบรรจุ เพื่อป้องกันการซึมรั่วควรใช้ภาชนะบรรจุเป็นขวดโลหะซึ่งจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือในการปิดขวดให้สนิท (เครื่องมือในการปิดขวดราคาประมาณ 80,000 บาท)

เอกสารอ้างอิง

1. Worwood, V.A. (1990) The Complete Book of Essential Oils and Aromatherapy, New World Library, CA. P.38.
2. Lavabre, M.F. (1990) Aromatherapy Workbook. Healing Art Press, USA, 164 pp.
3. Keville, K. and Green, M. (1995) Aromatherapy. A Complete Guide to the Healing Art. The crossing Press, CA. 156 pp.
4. Lawless, J. (1998) The Illustrated Encyclopedia of Essential oils. The Complete Guide to the Use of Oils in Aromatherapy and Herbalism. Element Books, MA. 256 pp.
5. Balsam, M.S. and Sagarin, M.M. (1974) Cosmetics, Science and Technology 2nd edn., V.1. Wiley Interscience, pp. 533-56
6. Dennin, R.J. (1999) International Market Update, V.P. Global Business Development DS.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก

แบบทดสอบน้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่น

ชื่ออาสาสมัคร .....

เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย **อายุ** .....

อาชีพ .....

วิธีทดสอบ ใช้ 1-2 หยดหรือพ่นใส่ปากหลังอาหาร

สูตร	**กลิ่น**	**สี**	**รส**	**ชอบ/ไม่ชอบ เพราะ**	**อาการระคายเคืองในปาก (มี / ไม่มี)**
A					
D					
E					
F/1					

สูตรที่ชอบที่สุดเรียงตามลำดับ (ชอบมาก ⟶ ชอบน้อย)

.....

สูตรที่ชอบมากที่สุดคือสูตร .....

เพราะ.....

ปกติท่านใช้น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยด/ชนิดพ่นหลังอาหารวันละ.....ครั้ง

ท่านเคยใช้น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นมาก่อนหรือไม่.....หากเคยใช้ กลิ่นที่ใช้คือกลิ่น.....

หมายเหตุ : ควรทดลองใช้น้ำยาระงับกลิ่นปากชนิดหยดและชนิดพ่นแต่ละสูตรอย่างน้อย 4 ครั้งก่อนสรุปผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 6

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร และพืชท้องถิ่นบนพื้นที่สูงและพื้นที่โครงการหลวง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการวิจัยย่อย 3015 - 3014 / 2544

ชื่อเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร และพืชท้องถิ่นบนที่สูง และในพื้นที่โครงการหลวง

Development of Products from Essential Oil of Herbs and Regional Plants in High land and in the Royal Project Area

ชื่อผู้วิจัย รศ. ดร. เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์

1. บทนำ

1.1 น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรและพืชในพื้นที่โครงการหลวง

จากการทำวิจัยต่อเนื่องในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรท้องถิ่นและพืชสมุนไพรจากต่างประเทศที่นำมาปลูกในพื้นที่สูง และบริเวณพื้นที่โครงการหลวง ในงานวิจัยปีที่ผ่านมา (2543) ได้นำน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้น โรสแมรี ทายม์ มินต์ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับทาภายนอก ได้แก่ ยาหม่องสมุนไพร ในงานวิจัยประจำปี 2544 จึงได้นำน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกการกลั่นพืชสมุนไพรจากมูลนิธิโครงการหลวง และจากพืชที่ขึ้นในบริเวณภาคเหนือมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป พร้อมทั้งได้วิเคราะห์ถึงคุณภาพน้ำมันหอมระเหยที่นำมาใช้ อีกประการหนึ่ง หลังจากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยแล้ว กากที่เหลือจากการกลั่นยังมีกลิ่นหอมอยู่ จึงน่าสนใจที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน จึงเป็นแนวคิดในการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย และกากที่เหลือจากการกลั่น

1.2 พืชสมุนไพรที่ศึกษา

1.2.1 ตะไคร้ต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litsea cubeba* Per. อยู่ในวงศ์ Lauraceae

1.2.2 โรสแมรี (Rosemary) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rosemarinus officinals* Linn. อยู่ใน วงศ์ Labiatae

1.2.3 มินต์ (Mint) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mentha piperita* อยู่ในวงศ์ Lamiaceae

1.2.4 มาจอแรม (Majoram) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Origanum majorana* อยู่ในวงศ์ Laminceae

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2.5 ลาเวนเดอร์ (Lavender) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lavendura angustifolia*อยู่ในวงศ์ Laminceae

1.2.6 เสจ (Sage) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Salvia officinalis* อยู่ในวงศ์ Laminceae

1.2.7 ตะไคร้หอม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon nardus* Rendle อยู่ในวงศ์ Gramineae

1.2.8 สวีทเบซิล (Sweet basil) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ocimum basilieum*

1.2.9 เลมอนบาล์ม (Lemon balm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Melissa Officinalis*

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยที่ผ่านมา [1] ได้ทำการวิจัยเพื่อทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยขึ้น พร้อมทั้งสำรวจความนิยม การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในเขตพื้นที่โครงการหลวงยังสามารถทำผลิตภัณฑ์ได้อีกหลายแบบ อีกทั้งยังได้มีการติดตั้งเครื่องกลั่นที่ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพองค์ประกอบของสารหอมว่ามีอะไรบ้าง เป็นจำนวนมากน้อยแค่ไหน

การนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ประโยชน์ สามารถใช้ได้หลายทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านสุคนธ์บำบัด(Aromatherapy)[8] การทำส่วนผสมน้ำยาบ้วนปาก (Mouthrinse)[3] ซึ่งการใช้น้ำยาบ้วนปาก อาจมีผลข้างเคียง เช่นทำให้เกิดฟันติดสี โดยเฉพาะสารพวก Phenolic[4] การนำไปใช้ผสมในลูกอม[5]

ผู้วิจัยสนใจในการนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เพื่อความหอมที่ใช้ภายนอก เช่น ผลิตภัณฑ์ในบ้าน ในรถยนต์ หรือผลิตภัณฑ์ทาภายนอก เพื่อฆ่าเชื้อ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำแล้วมีอยู่หลายประเภท ซึ่งสามารถหาดูได้ทาง Internet ยกตัวอย่าง เช่น ประเภทที่เป็นผลิตภัณฑ์ Personal care products หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่ผสมน้ำมันหอมระเหย (Essential oil enhanced supplements)

1.4 วัตถุประสงค์และที่มาของงานวิจัย

น้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณมากเพียงพอคือเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถนำมาดัดแปลงหรือผสมในผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวันหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติในการช่วยทำให้ร่างกายสดชื่น และหลายชนิดมีศักยภาพในการระงับหรือฆ่าเชื้อโรคได้ อีกทั้งยังมีกลิ่นหอมแตกต่างกันไปด้วย เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วนอกจากให้ความหอมแล้ว ยังสามารถให้ประโยชน์ด้านการรักษาโรคไปด้วย ส่วนการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์และขอบเขตดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหอมระเหยที่นำมาใช้
2. เพื่อทำผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย
3. เพื่อสำรวจความนิยมในผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 แหล่งน้ำมันหอมระเหย

ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน โดยใช้เครื่องกลั่นที่ทำจากเหล็กสแตนเลส ขนาดความจุพืช 100 กิโลกรัมต่อน้ำ 160 ลิตร ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ขึ้นกับชนิดของพืชสมุนไพรที่ใช้

2.2 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยในห้องปฏิบัติการ

ใช้การกลั่นไอน้ำโดยตรง โดยบรรจุวัตถุดิบ 300 กรัมในขวดกลมขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 1 ลิตร ถ้าใช้ขวดกลั่น 5 ลิตร สามารถเพิ่มปริมาณสารได้ตามสัดส่วน

2.3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย

ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพ โดยวิเคราะห์บ่งบอกชนิดของสารในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นในข้อ 2.1 และ 2.2 พร้อมทั้งหาร้อยละสัมพัทธ์ (Relative percentage) ของสารแต่ละตัว โดยใช้เทคนิค แก๊สโครมาโทกราฟี – แมสสเปกโทรเมตรี (GC – MS) มีสภาวะการทดลองดังนี้

เครื่องมือ GC Agilent 6890 / MSD Hewlett Packard 5973

คอลัมน์ HP –1MS (100 % Dimethylpolysiloxane)

30 m x 0.25 mm I.D. 0.25 μm thickness

สภาวะการทดลอง

อุณหภูมิ Injector 220 °C

อุณหภูมิ Detector 220 °C

อุณหภูมิคอลัมน์ เริ่มต้น 40 °C → program 20 °C / min (to 60 °C) →
program 8 °C/ min (to 220 °C) → Hold 8 min

ปริมาตรตัวอย่าง 0.1 ไมโครลิตร

Split 200 : 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองทำผลิตภัณฑ์ สำหรับเป็นก้อนดับกลิ่นในห้องน้ำ โดยใช้น้ำมันหอมระเหย 6 ชนิด ได้แก่

1) ตะไคร้ต้นกลั่นจากเครื่องใหญ่
2) ตะไคร้ต้นกลั่นในห้องปฏิบัติการ
3) มาจอแรม
4) เสจ
5) สวีทเบซิล
6) ตะไคร้หอม

นอกจากนั้นยังใช้กากที่นำมาปั่นเป็นผงเป็นกากที่เหลือจากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้แก่

1) เลมอนบาล์ม ผสมกับตะไคร้หอม
2) เลมอนบาล์ม
3) ลาเวนเดอร์
4) มินต์
5) โรสแมรี
6) เสจ

เหตุที่เลือกวัตถุดิบดังกล่าว เพราะในช่วงระยะการทำวิจัยทางผู้กลั่นจะกลั่นพืชสมุนไพรชนิดใดนั้น จะกลั่นตามที่มีการส่งวัตถุดิบมา และตามความต้องการของผู้อุปโภค

ส่วนผสมในการทำก้อนดับกลิ่น

1) PDB (p – Dichlorobenzene)	20	กรัม
2) น้ำมันหอมระเหย (สำหรับก้อนดับกลิ่นที่ทำจากน้ำมันหอมระเหย)	0.5	มิลลิลิตร
3) กากสมุนไพร(ผง) (สำหรับก้อนดับกลิ่นที่ทำจากกากสมุนไพร)	1.5	กรัม

วิธีทำ

ทำโดยหลอม PDB จนเหลวผสมน้ำมันหอมระเหยหรือผงกากสมุนไพรลงไป คนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ ในที่นี้ใช้ขวดพลาสติดที่นำมาตัดครึ่ง รอจนผลิตภัณฑ์แข็งตัว หุ้มด้วยอลูมินัมฟอยด์ เก็บในถุงพลาสติด ได้ผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 การทดสอบความนิยมของผู้ใช้

ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างจากคนทั่วไปโดยแบ่งตามเพศและอายุใช้ช่วงอายุ 15 – 25 ปี 26 – 35 ปี และมากกว่า 35 ปี จำนวนประมาณช่วงละ 40 คน ให้บุลคลดังกล่าวกรอกลำดับคะแนนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทตั้งแต่ 1 คะแนน ถึง 5 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากน้อยไปมาก

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันหอมระเหย

ผลจากการนำน้ำมันหอมระเหยมาวิเคราะห์และหาเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ (Relative percentage) ได้ผลดังรูปที่ 3 ถึง 8 และมีสารต่าง ๆ ที่พบในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันหอมระเหย

Peak number	Compounds	Relative Percentage					
		ตะไคร้ต้น (รูปที่ 3)	ตะไคร้ต้น (รูปที่ 4)	มาเจอแรม (รูปที่ 5)	เสจ (รูปที่ 6)	สวีทเบซิล (รูปที่ 7)	ตะไคร้หอม (รูปที่ 8)
1	α - Piniene	-	0.68	0.89	4.19	0.40	-
2	Camphene	-	-	-	4.54	0.23	-
3	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.35	7.01	-	-	-	0.12
4	1-Octen-3-ol	-	-	-	0.08	0.23	-
5	Sabinene	0.28	0.27	5.70	0.26	0.33	-
6	β - Pinene	0.09	0.45	0.52	2.77	0.84	-
7	β -Myrcene	-	1.98	1.93	0.94	0.99	-
8	α -Phellandrene	-	-	0.49	-	-	-
9	α -Terpinene	-	-	3.00	0.15	-	-
10	p- Cymene	-	-	13.09	0.70	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Peak number	Compounds	Relative Percentage					
		ตะไคร้ต้น (รูปที่ 3)	ตะไคร้ต้น (รูปที่ 4)	มาเจอแรม (รูปที่ 5)	เสจ (รูปที่ 6)	สวีทเบซิล (รูปที่ 7)	คะไคร้หอม (รูปที่ 8)
	Limonene	1.36	6.47	-	-	-	2.60
	β -Phellandrene	-	-	5.09	-	-	-
	1,8-Cineole(Eucalyptol)	-	-	-	9.77	9.94	-
	Ocimene	-	-	-	-	1.46	-
	γ - Terpinene	-	-	9.93	0.41	-	-
	Trans- Sabinene	-	-	0.94	-	-	-
	α -Terpinolene	-	-	2.80	0.25	0.22	-
	Linalool	1.68	1.71	-	-	41.22	1.44
	cis-Sabinene hydrate	-	-	4.87	-	-	-
	Unidentified	-	-	0.99	-	-	-
	Unidentified	-	-	0.65	-	-	-
	Unidentified	-	-	0.32	-	-	-
	α -Thujone	-	-	-	12.24	-	-
	Camphur	-	-	-	17.38	0.86	-
	Citronellal	1.52	2.79	-	-	-	26.98
	Unidentified	0.36	1.35	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Peaknumber	Compounds	Relative Percentage					
		ตะไคร้ต้น (รูปที่ 3)	ตะไคร้ต้น (รูปที่ 4)	มาเจอแรม (รูปที่ 5)	เสจ (รูปที่ 6)	สวีทเบซิล (รูปที่ 7)	คะไคร้หอม (รูปที่ 8)
27	Borneol	-	-	-	3.76	0.45	-
28	Unidentified	0.78	1.91	-	-	-	-
29	Isopulegol	-	-	-	-	-	0.93
30	Terpinene-4-0l	0.19	-	25.16	0.95	0.52	-
31	α -Terpineol	-	-	4.80	0.34	1.72	-
32	Citronellol	-	-	-	-	-	11.44
33	Neral(z-Citral)	33.82	30.20	-	-	-	0.80
34	Geraniol	0.94	1.56	-	-	0.63	11.97
35	Linalyl acetate	-	-	0.97	-	-	-
36	Geranial(E-Citral)	41.87	34.97	-	-	-	1.14
37	(-)-Bonyl acetate	-	-	-	0.92	1.21	-
38	Eugenol	-	-	-	-	17.89	1.02
39	Citronellyl acetate	-	-	-	-	-	3.12
40	Geranyl acetate	-	-	-	-	-	5.02
41	β -Elemene	-	-	-	-	0.94	1.66
42	β-Caryophylene	-	-	1.95	4.91	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

eak number	Compounds	Relative Percentage					
		ตะไคร้ต้น (รูปที่ 3)	ตะไคร้ต้น (รูปที่ 4)	มาเจอแรม (รูปที่ 5)	เสจ (รูปที่ 6)	สวีทเบซิล (รูปที่ 7)	คะไคร้หอม (รูปที่ 8)
	Bicyclo(3.1)Tran- α -Bergamotene	-	-	-	-	4.16	-
	α -Humulene	-	-	-	4.92	-	-
	Germacrene-D	-	-	-	-	1.75	3.21
	Germacrene-B	-	-	-	-	0.83	-
	α -Muurolene	-	-	-	-	-	0.89
	δ -Guaiene	-	-	-	-	1.21	-
	α -Amorphene	-	-	-	-	1.68	0.85
	δ -Cadinene	-	-	-	-	0.37	2.84
	(+)-Spathulinol	-	-	0.43	-	-	-
	Caryophyllene oxide	0.23	0.20	0.87	0.84	-	-
	Varidiflorol	-	-	-	3.57	0.46	-
	γ -Eudesmol	-	-	-	-	-	1.08
	Tau-Muurorol	-	-	-	-	-	6.27
	α - Cardinol	-	-	-	-	3.28	3.67
	Farnesol	-	-	-	-	-	0.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย

ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นของสมุนไพรปนกับกลิ่นเฉพาะตัวของ PDB ผลิตภัณฑ์ก้อนดับกลิ่นจะมีความขาวใส หรือสีเหลืองอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันหอมระเหย แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผงกากสมุนไพรจะมีสีเขียวคล้ำให้ความเป็นธรรมชาติ กลิ่นจะอ่อนกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำมันหอมระเหย แต่ไม่มาก การสำรวจความนิยม แยกตามเพศ และอายุ แสดงไว้ในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนนิยมของผู้มีอายุ 15 – 25 ปี

ผลิตภัณฑ์	ชาย	หญิง	เฉลี่ยรวม
<u>ผลิตภัณฑ์จากผงกาก</u>			
เลมอนบาล์ม + ตะไคร้หอม	2.17	1.74	1.95
เลมอนบาล์ม	2.57	1.94	2.25
ลาเวนเดอร์	2.68	2.25	2.46
มินต์	2.43	2.00	2.21
โรสแมรี	2.48	2.20	2.34
เสจ	2.68	2.68	2.62
<u>ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย</u>			
ตะไคร้ต้น(กลั่นในห้องปฏิบัติการ)	2.43	2.40	2.41
ตะไคร้ต้น(กลั่นจากเครื่องใหญ่)	2.51	2.40	2.45
มาจอแรม	2.63	2.66	2.64
เสจ	2.77	2.26	2.51
สวีทเบซิล	2.63	2.80	2.72
ตะไคร้หอม	2.68	2.60	2.64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนนิยมของผู้มีอายุ 26 - 35 ปี

ผลิตภัณฑ์	ชาย	หญิง	เฉลี่ยรวม
<u>ผลิตภัณฑ์จากผงกาก</u>			
เลมอนบาล์ม + ตะไคร้หอม	2.80	1.51	2.15
เลมอนบาล์ม	2.71	1.48	2.09
ลาเวนเดอร์	1.74	1.65	1.09
มินต์	2.80	2.25	2.52
โรสแมรี	2.71	2.14	2.42
เสจ	2.80	2.51	2.65
<u>ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย</u>			
ตะไคร้ต้น(กลั่นในห้องปฏิบัติการ)	2.91	2.88	2.89
ตะไคร้ต้น(กลั่นจากเครื่องใหญ่)	2.46	2.63	2.54
มาจอแรม	2.51	2.63	2.57
เสจ	2.63	2.37	2.50
สวีทเบซิล	2.46	2.37	2.41
ตะไคร้หอม	2.54	2.86	2.70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนนิยมของผู้มีอายุ มากกว่า 35 ปี

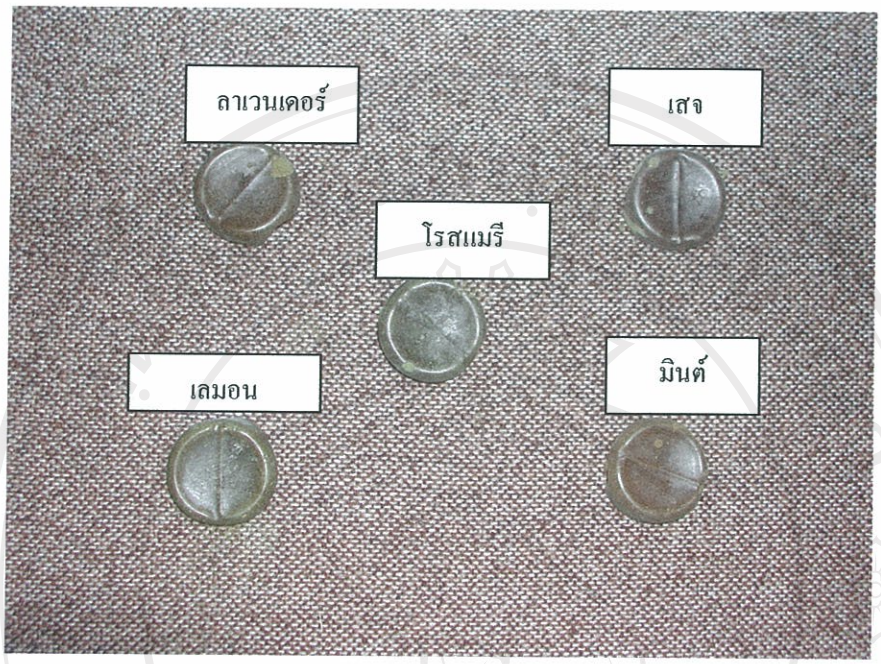
ผลิตภัณฑ์	ชาย	หญิง	เฉลี่ยรวม
<u>ผลิตภัณฑ์จากผงกาก</u>			
เลมอนบาล์ม + ตะไคร้หอม	2.00	2.67	2.33
เลมอนบาล์ม	2.00	2.00	2.50
ลาเวนเดอร์	1.65	2.51	2.42
มินต์	2.00	2.00	2.00
โรสแมรี	2.31	2.17	2.25
เสจ	2.00	2.48	2.24
<u>ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย</u>			
ตะไคร้ต้น(กลั่นในห้องปฏิบัติการ)	2.00	2.67	2.33
ตะไคร้ต้น(กลั่นจากเครื่องใหญ่)	3.00	2.00	2.50
มาจอแรม	2.34	2.51	2.42
เสจ	2.00	2.00	2.00
สวีทเบซิล	2.34	2.17	2.25
ตะไคร้หอม	2.00	2.48	2.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

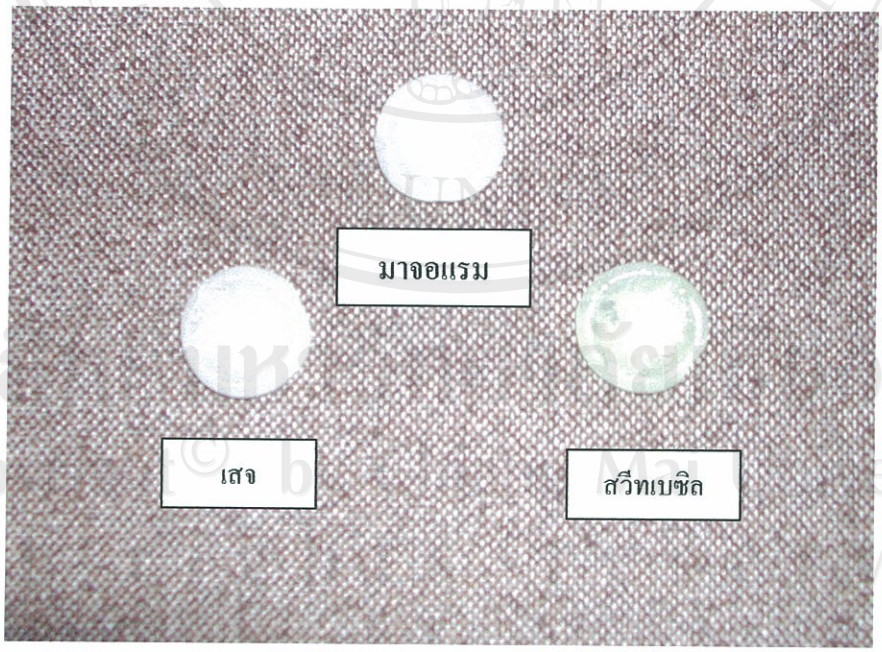
ตารางที่ 5 แสดงคะแนนนิยมของทุกอายุรวมกัน

ผลิตภัณฑ์	ชาย	หญิง	เฉลี่ยรวม
<u>ผลิตภัณฑ์จากผงกาก</u>			
เลมอนบาล์ม + ตะไคร้หอม	2.32	1.75	2.03
เลมอนบาล์ม	2.43	1.75	2.09
ลาเวนเดอร์	2.31	2.11	2.21
มินต์	2.41	2.30	2.35
โรสแมรี	2.50	2.27	2.38
เสจ	2.47	2.62	2.54
<u>ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหย</u>			
ตะไคร้ต้น(กลั่นในห้องปฏิบัติการ)	2.45	2.65	2.55
ตะไคร้ต้น(กลั่นจากเครื่องใหญ่)	2.66	2.34	2.50
มาจอแรม	2.49	2.60	2.54
เสจ	2.49	2.21	2.34
สวีทเบซิล	2.48	2.45	2.46
ตะไคร้หอม	2.41	2.65	2.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1 ก้อนดับกลิ่นทำจากกากสมุนไพร



รูปที่ 2 ก้อนดับกลิ่นทำจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. วิจารณ์ สรุปผลและเสนอแนะ

จากการตรวจสอบทางคุณภาพ น้ำมันหอมระเหย ที่นำมาทำผลิตภัณฑ์พบว่าในตะไคร้ต้น ที่กลั่นในห้องปฏิบัติการ และที่กลั่นโดยใช้เครื่องใหญ่ จะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน โดยมีองค์ประกอบหลักเป็น cis-Citral (z-Citral) และ trans-Citral (E-Citral) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะเฉพาะของกลิ่น เป็นกลิ่นตะไคร้ จะมีเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์อยู่ที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของสารทั้งหมด แต่สัดส่วนอาจจะแตกต่างกันบ้าง จะพบว่าการกลั่นทั้ง 2 แบบ จะมี trans-Citral มากกว่า cis- Citral นอกจากนั้นก็จะแตกต่างกันบ้างในปริมาณของ 6-Methyl – 5- hepten-2-one และ Terpene hydrocarbon ได้แก่ β-Myrcene , Sabinene , β-Pinene และ Limonene โดยน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นที่กลั่นจากเครื่องใหญ่ (รูปที่ 4) จะมีสารดังกล่าวมากกว่าน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นในห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 3) อย่างไรก็ตามจะไม่มีผลต่อกลิ่นโดยรวมมาก เพราะกลิ่นตะไคร้ที่เกิดจาก Citral แรงมาก จะกลบกลิ่นอื่น ๆ หมด

มาจอแรมจะมี Terpene hydrocarbon เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ Sabinene, α-Terpinene , p-Cymene, β- Phellandrene , γ-terpinene และ α-Terpinolene แต่มี Terpene alcohol เป็นสารหลัก ได้แก่ Terpinene –4-ol ซึ่งมีกลิ่น spicy , nutmeg-like หรือกลิ่นคล้ายกระวาน[7] น้ำมันหอมระเหยจากมาจอแรมมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียหลายชนิดและมีมูลค่าการผลิตประมาณ 2 ล้านดอลลาร์ต่อปี[8]

เสจ จะมี Camphor และα-Thujone ซึ่งเป็น Cyclic terpene ketone เป็นองค์ประกอบหลักตามด้วย Eucalytol และ Borneol ซึ่งเป็น alcohol น้ำมันหอมระเหยจากเสจ มีมูลค่าการผลิตเทียบเท่ากับ มาจอแรม Camphur และ Borneol เป็นสารสำคัญในกลิ่นของการบูรและพิมเสนตามลำดับ

สวีทเบซิล มี Linalool ที่มีกลิ่นหวานฉ่ำ และ Eugenol ที่มีกลิ่นแบบเดียวกับกานพลู เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับสวีทเบซิลในยุโรป สวีทเบซิลสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ซึ่งรวมถึงเชื้อราที่ผลิต Mycotoxin เช่น *Aspergillus flavas* และ *A. parasiticus* [9]

ตะไคร้หอมเป็นที่รู้จักกันดีในคุณสมบัติไล่ยุงได้ แต่จะมีองค์ประกอบหลักแตกต่างจากตะไคร้ธรรมดา หรือตะไคร้ต้น คือจะมี Citronellal มากที่สุด รองลงไปจะเป็น Citronellol และ Citral จึงทำให้มีกลิ่นแตกต่างกัน อีกทั้งมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่มีในตะไคร้อีกหลายตัว จึงควรระมัดระวังถ้าจะนำไปบริโภค

ในการสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์ก้อนดับกลิ่น จากน้ำมันหอมระเหยถ้าดูแยกตามเพศ เฉลี่ยทุกอายุรวมกัน ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ตนจะได้คะแนนนิยม มากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างอื่น เช่นเดียวกันในเพศหญิง จึงน่าจะชี้ให้เห็นว่าตะไคร้ต้นเหมะสมที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์รองลงไปน่าจะเป็น เสจ ซึ่งคะแนนนิยมสูงในกลุ่มผู้ชาย อายุ 15 – 25 ปี ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผงกากสมุนไพรก็มีแนวโน้มคล้าย ๆ กัน แม้ไม่ชัดเจนและดูเหมือนว่าคะแนนจะน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำมันหอมระเหย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปลักษณะที่มีสีเขียวคล้ำจะมีส่วนในการลดความนิยมลง แต่ต้นทุนจะต่ำกว่ามากเพราะไม่ต้องนำมากลั่น

เนื่องจากกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่ทำจากสมุนไพรบางชนิด มีคะแนนนิยมสูงจึงน่าจะนำไปศึกษา เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป ที่ให้ผลทั้งด้านให้ความหอม และผลด้านอื่น ๆ ไปพร้อมกัน เช่นทำหน้าที่เป็น Autibacterial หรือ Autifungal หรือ Insect repellent ไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เอกสารอ้างอิง

(1) เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร และพืชท้องถิ่นบนที่สูง และพื้นโครงการหลวง". รายงานการวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง. ปีงบประมาณ 2543.

(2) อนุสรณ์ ศาสตราจารย์ จำลอง สุวคนธ์. " สุวคนธบำบัด". วันพุธที่ 22 ตุลาคม พ.ศ.2540.

(3) กฤษณา ภูตะคาม และญาณี พงษ์ไพบูลย์. " การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชสมุนไพรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงและพื้นที่สูง" รายงานการวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง. ปีงบประมาณ 2543

(4) S.A. mahdavi and T.Loyn, J. Dentistry,23 (2) ,(1995) pp 95-99.

(5) ไพโรจน์ วิริยจารี. "การพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง" รายงานการวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง. ปีงบประมาณ 2543.

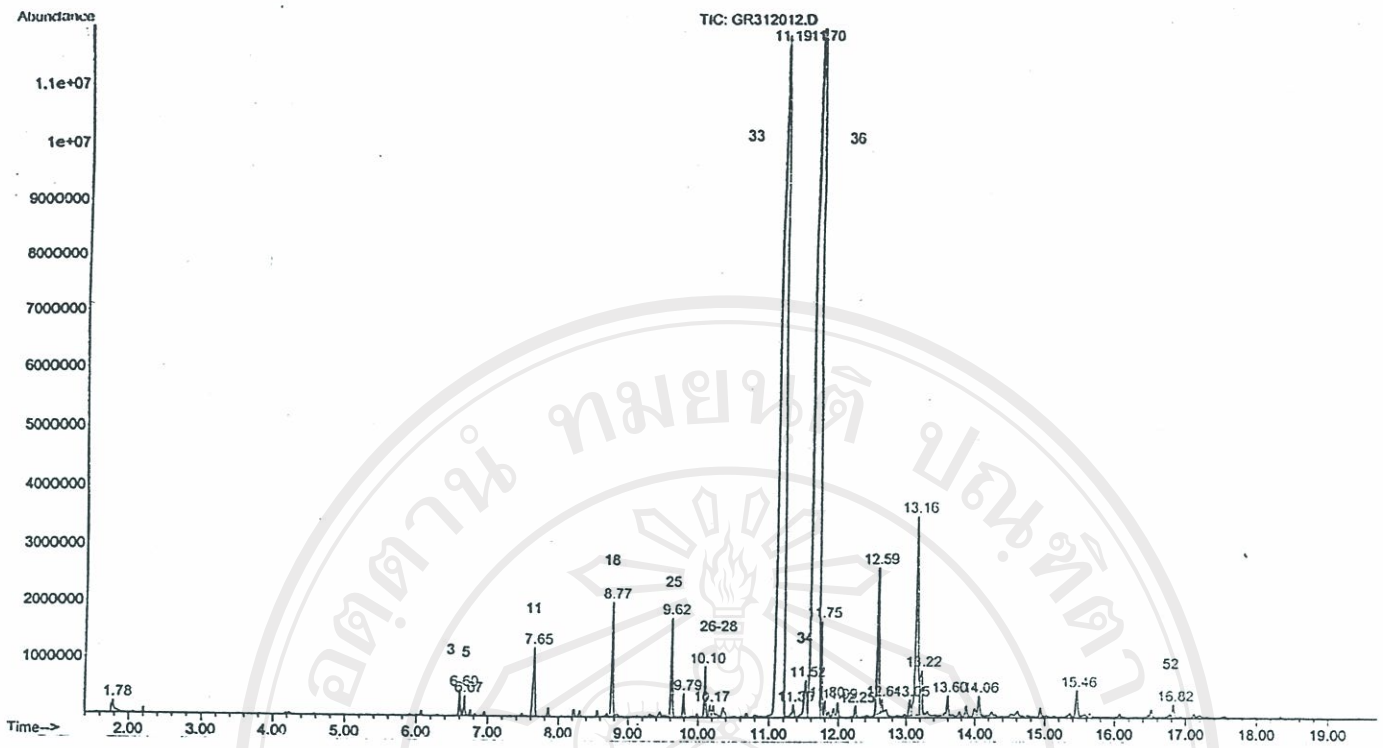
(6) Website http:// spiralup.com/supplement.htm

(7) R.K.M Hay and P.G Waterman, "Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production", Longman Scientific&Technical, NY, 1993.

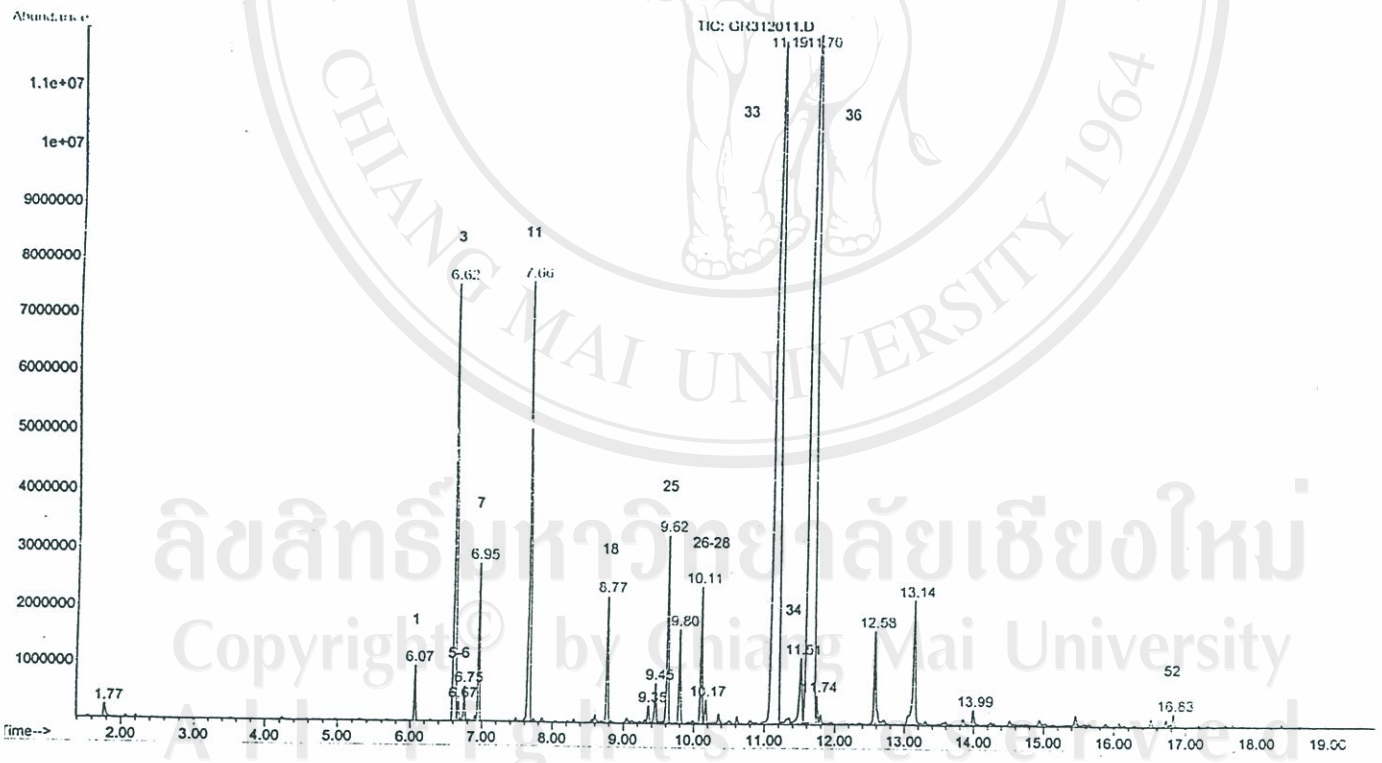
(8) S.G. Dean and K.P. Svoboda, "Essential oil profiles of several temperate and tropical aromatic plants: their antimicrobial and antioxidative properties", Proceedings of the 75th International Symposium of the Research Institute for Medical plants, Budakalez, Hungary, (1990) pp 25-27.

(9) S. Dube, P.D. Upadhyay and S.C. Tripathi, "Antifungal, physicochemical, and insect repelling activity of the essential oils of *Ocimum basillicum*", Canadian Journal of Botany, 67, (1989)pp2085-2087.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

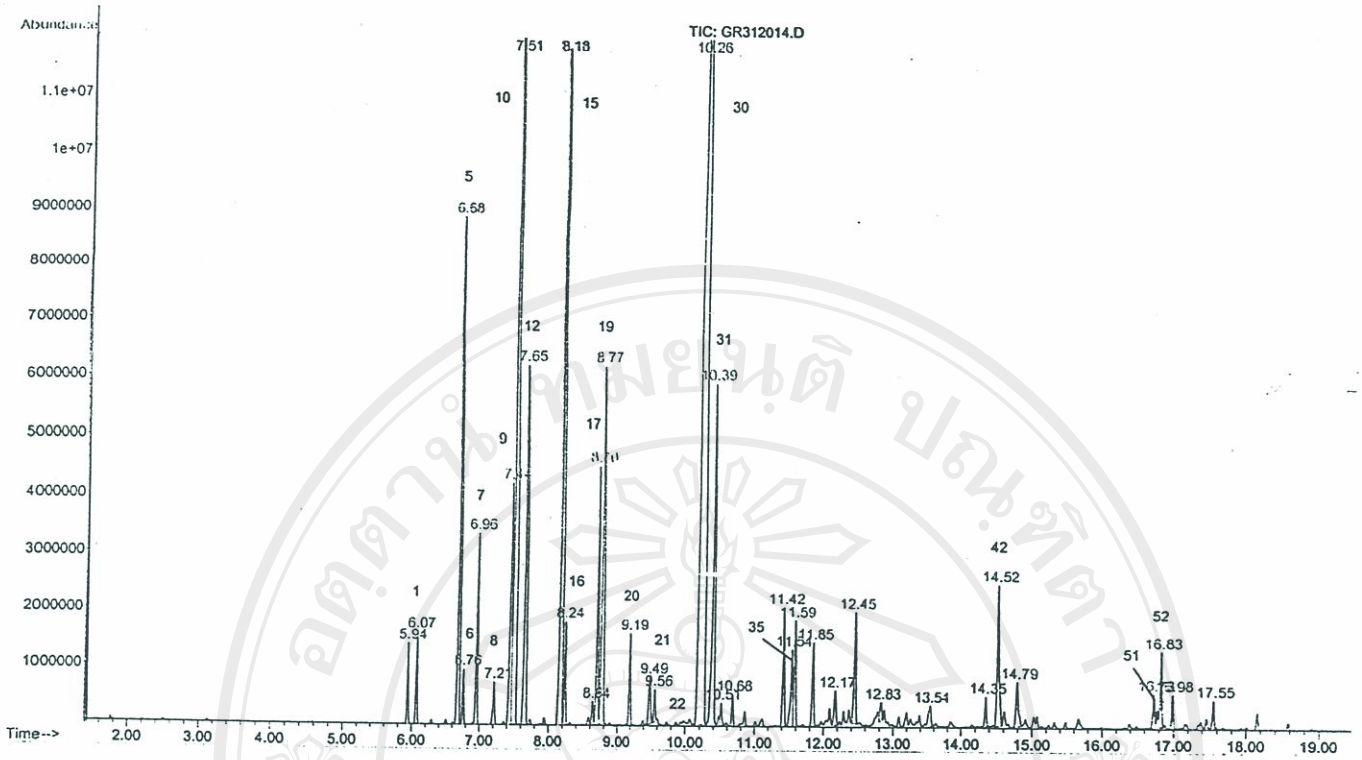


รูปที่ 3 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นกลั่นในห้องปฏิบัติการ

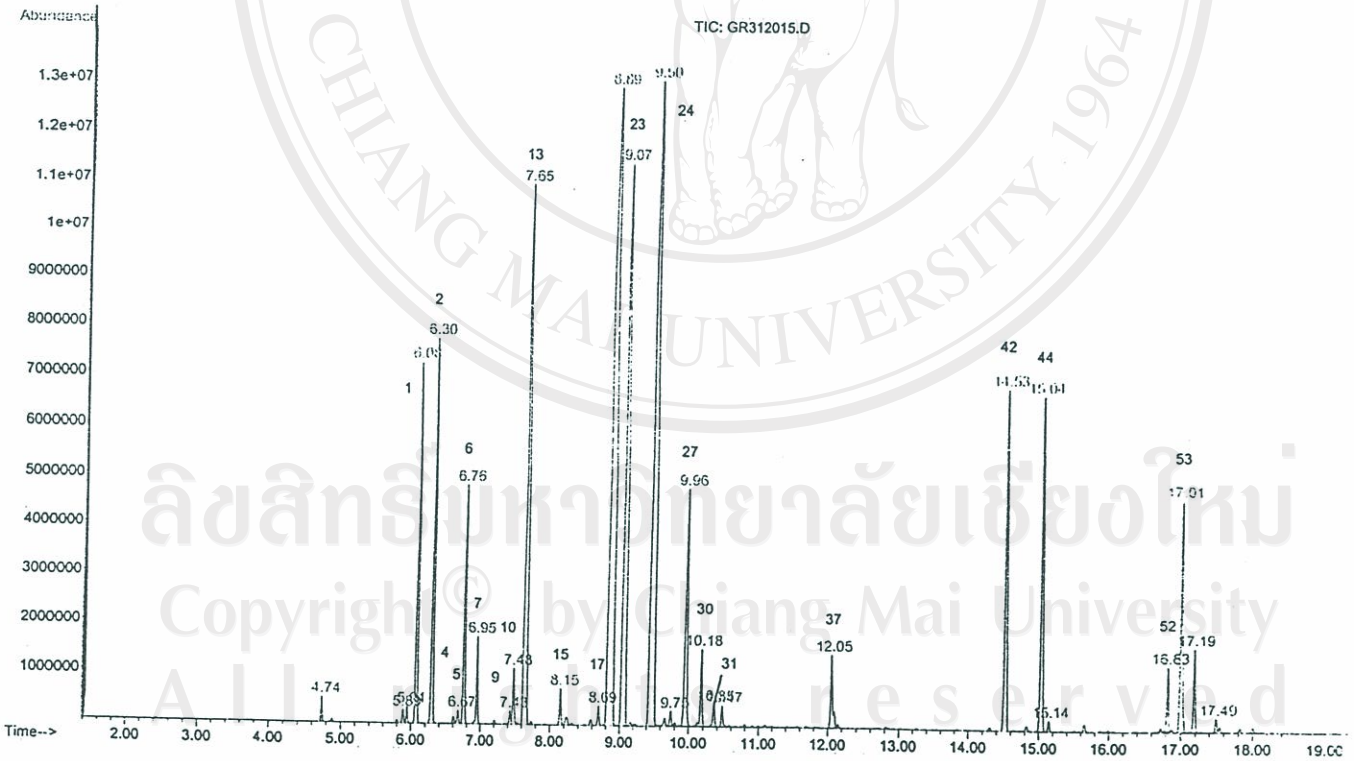


รูปที่ 4 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้นกลั่นจากเครื่องใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

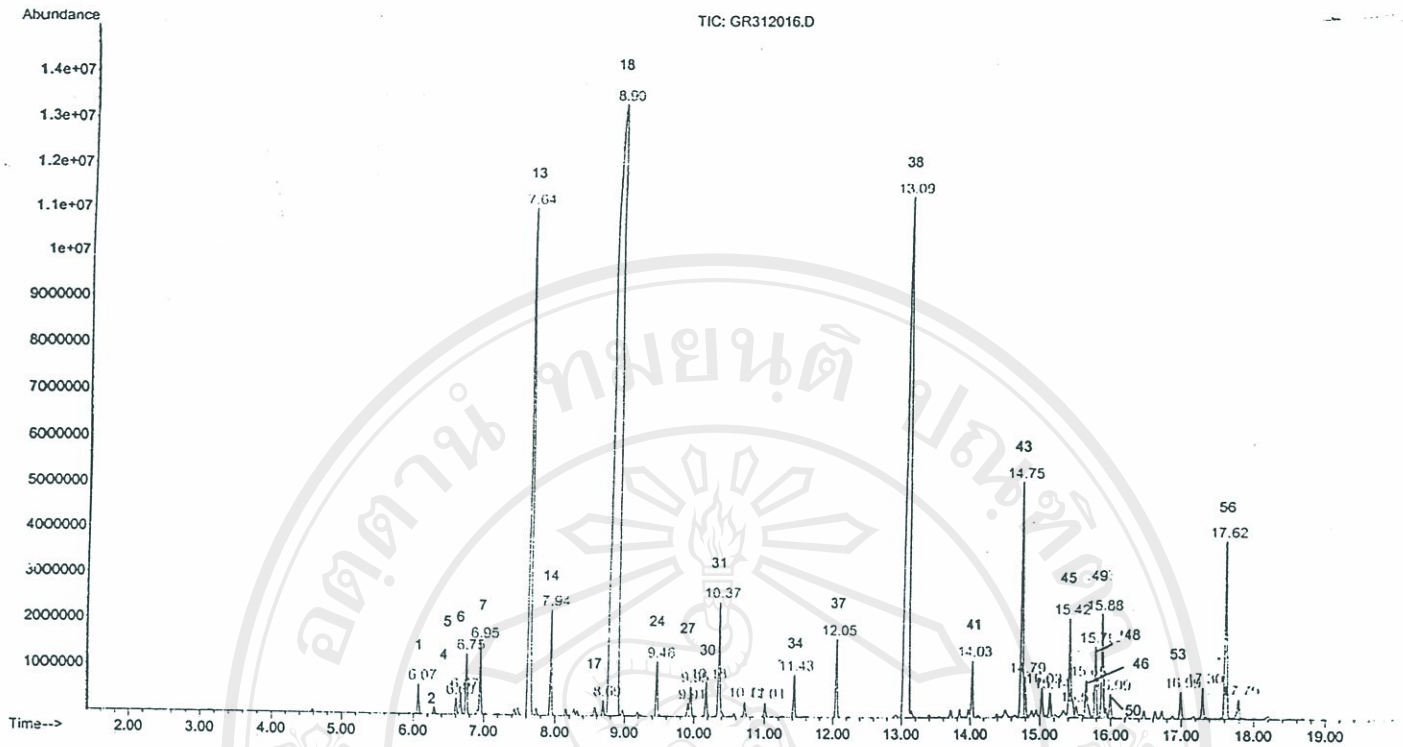


รูปที่ 5 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากมาจอแรมกลั่นจากเครื่องใหญ่

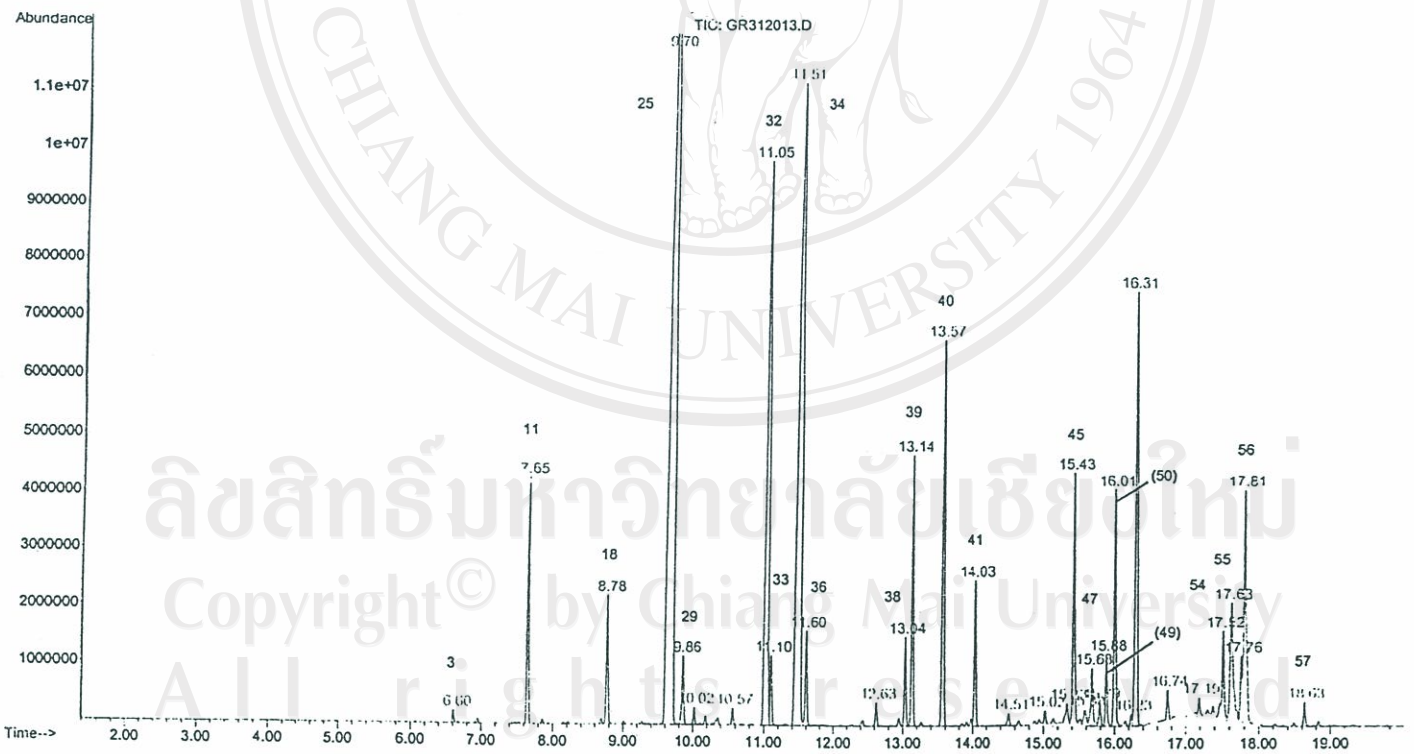


รูปที่ 6 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากเสจกลั่นจากเครื่องใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 7 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากสวีทเบซิลกลั่นจากเครื่องใหญ่



รูปที่ 8 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมกลั่นจากเครื่องใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานผลการวิจัยปี 2544

โครงการย่อยที่ 7

การพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนต่อเนื่อง 2 ปี คือ ปีงบประมาณ 2543 - 2544 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ ในองค์กรต่างๆของหน่วยราชการต่างๆ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอดดังนี้

- มูลนิธิโครงการหลวง อาหารสำเร็จรูป มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินการไปได้ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชสมุนไพร 9 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ บาล์ม คาโมมาย ทายม์ เสจ ยูเอสเอ-มินต์ สเปียร์มินต์ เปปเปอร์มินต์ และเจแปนนีสมินต์ เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง จากการศึกษาปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ พบว่า พืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด มีปริมาณร้อยละของผลผลิต ดังนี้ โรสแมรี่ ร้อยละ 0.44 บาล์ม ร้อยละ 0.12 คาโมมาย ร้อยละ 0.09 ทายม์ ร้อยละ 0.38 เสจ ร้อยละ 0.37 ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 0.31 สเปียร์มินต์ ร้อยละ 0.35 เปปเปอร์มินต์ ร้อยละ 0.15 และเจแปนนีสมินต์ ร้อยละ 0.47 เมื่อศึกษาถึงชนิดและปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้โดยใช้เทคนิคทาง GC-MS พบว่า องค์ประกอบหลักของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด มีดังนี้ คือ โรสแมรี่ ประกอบด้วย α - Pinene, Borneol และ 2 - Bornanone บาล์ม ประกอบด้วย Citral b, Citral a และ Citronellal ทายม์ ประกอบด้วย Thymol, Citral และ Octanone คาโมมาย ประกอบด้วย Bisabolol oxide A, En - in - dicycoether และBisabolone oxide เสจ ประกอบด้วย α - Thujone, Camphor และ 1,8 Cineole เปปเปอร์มินต์ ประกอบด้วย Limonene, Carvone, และ Menthol สเปียร์มินต์ ประกอบด้วย Carvone, Limonene และ Menthol เจแปนนีสมินต์ ประกอบด้วย L - Menthol, L - Menthone และ Menthone ยูเอสเอมินต์ ประกอบด้วย L - Menthone, Menthofuran และ Menthol

การศึกษาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งมากที่สุด พบว่าจะประกอบไปด้วย โรสแมรี่ ร้อยละ 0.18 เสจ ร้อยละ 0.12 บาล์ม ร้อยละ 0.16 ทายม์ ร้อยละ 0.21 คาโมมาย ร้อยละ 0.12 และพืชตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิดรวมกัน ร้อยละ 0.21 (ซึ่งประกอบด้วย สเปียร์มินต์ ร้อยละ 0.27 เปปเปอร์มินต์ ร้อยละ0.16 เจแปนนีสมินต์ ร้อยละ 0.23 และยูเอสเอมินต์ ร้อยละ0.34 ตามลำดับ) และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อทราบชนิดและปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในน้ำมันหอมระเหยผสมนั้นก่อนใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ พบว่าจะประกอบไปด้วย Geraniol , Bisabolol oxide A , Citral a เป็นองค์ประกอบหลัก

การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสม พบว่า ประกอบด้วย น้ำตาล ร้อยละ 50 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 50 น้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.2 เมนทอล ร้อยละ 0.2 และสีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%) ร้อยละ 0.2 สำหรับกรรมวิธีการผลิตที่ เหมาะสมคือ การเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมจะมีค่าสี L (ความสว่าง) เท่ากับ 58.32 ค่าสี a* (สีแดง - สีเขียว) เท่ากับ -32.35 ค่าสี b* (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) เท่ากับ 36.04 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.09 ความชื้น ร้อยละ 3.58 ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 4.24 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ร้อยละ 92.21 เถ้าซัลเฟต ร้อยละ 0.04 เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ร้อยละ 0.05 น้ำตาลรีดิวซ์ ร้อยละ 18.94 น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 51.98 น้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 70.92 ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และรารวมทั้งอีโคไลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ชนิดและปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยก่อนและหลังทำการเติมลงในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ได้มีการยอมรับที่ดีของผู้บริโภค ทั้งในด้านลักษณะ สี ความใส กลิ่นสมุนไพร รสหวาน รสเย็น ความแข็ง การละลาย และการยอมรับโดยรวม โดยมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ของลักษณะดังกล่าวเท่ากับ 0.99 0.98 1.00 0.99 0.99 1.00 1.00 0.91 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

Herbal hard candy was developed using the essential oils extracted from 9 herbs : rosemary, sage, thyme, balm, chamomile, spearmint, peppermint, U.S.A. mint and Japanese mint as a flavor raw materials. Percent yield were analyzed by GC-MS and found that they were 0.44, 0.37, 0.38, 0.12, 0.09, 0.35, 0.15, 0.31 and 0.47% (w/w), respectively. The main components were α - pinene, borneol, and 2 - Bornanone in rosemary; citral b, citral a, and citronellal in balm; thymol, citral, and octanone in thyme; bisabolol oxide A, En-in-dicycoether, Bisabolone oxide in chamomile; α - thujone, camphor, and 1,8 - cineole in sage; limonene, carvone, and menthol in peppermint; carvone, limonene, and menthol in spearmint; L - menthol, L - menthone, and menthone in Japanese mint and L - menthone, menthofuran, and menthol in U.S.A. mint

The amount of essential oils to be mixed from the whole lots of 9 herbs suitable to produce herbal hard candy was studied. The composition was 0.18% rosemary, 0.21% thyme, 0.16% balm, 0.12% chamomile, 0.12% sage, and 0.21% of mixed essential oils extracted from 4 varieties of mint 0.27% spearmint, 0.16% peppermint, 0.23% Japanese mint and 0.34% USA. mint. Analysis by GC-MS showed the presence of geraniol, bisabolol oxide A and citral a as the main components.

Optimized formulation and process of herbal hard candy, were 50% sugar, 50% glucose syrup, 0.2% essential oils, 0.2% menthol, and 0.2% green color (Brilliant green CFC 0.5%) with boiling temperature 160 ° C.

The herbal hard candy being produced by suitable formulation and process had the color in Hunter value; L (58.32) a* (-32.35) b*(36.04). The product had 0.09 Aw, 3.58% moisture content, 4.24 pH, 92.21% total soluble solid, 0.04% sulphated ash, 0.05% acid - insoluble ash, 18.94% reducing sugar, 51.98% sucrose and 70.92% total sugar. Microbiological tests were done and showed that the bacterial count of the product was less than 30 cfu/g while no yeasts and moulds were observed. The comparison of main components of essential oils mixture before and after processing had small different. The panelists accepted the final product with mean ideal ratio scores of colour, clear, herbs favour, sweetness, coldness, hardness and overall acceptability by the score of 0.99, 0.98, 1.00, 0.99, 0.99, 1.00, 1.00, and 0.91 respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1
คำนำ

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดได้เริ่มมีมาเมื่อสองพันปีก่อนคริสตศักราช โดยชนชาติอียิปต์เป็นชาติแรกที่มีศิลปะในการทำผลิตภัณฑ์และประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใช้ ผลิตภัณฑ์ชนิดแรกที่ทำขึ้นมาเรียกว่า sweetmeats ทำได้จากการนำ ผลไม้ นัท sweet herb และเครื่องเทศผสมกับน้ำผึ้ง ชนชาติกรีกเป็น ชนชาติที่มีความสามารถใช้แป้งเปียกเพื่อช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ของเขามีการคงรูปดีขึ้น สารที่ให้รสหวานในผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ในสมัยแรกคือ น้ำผึ้ง เนื่องจากในระยะนั้นยังไม่มีการผลิตน้ำตาลทราย ส่วนประกอบในการทำก็มีไม่มากจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีไม่กี่ชนิด ซึ่งต่างกับสภาพปัจจุบันได้มีการจัดให้ อุตสาหกรรมลูกกวาดอยู่อันดับที่ 9 ของอุตสาหกรรมอาหารในสหรัฐอเมริกามีโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ ดังกล่าวถึง 1,200 แห่ง และมีสูตรของส่วนผสมแตกต่างกันไปถึง 500 สูตร ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมประเภทนี้ค่อนข้างมาก จากรายงานข่าวของฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทยปี พ.ศ. 2535 กล่าวว่า ตลาดลูกกวาดมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีมูลค่าการตลาดไม่ต่ำกว่าปีละ 1,500 ล้านบาทหรือมีอัตราการขยายตัวสูงถึง ร้อยละ 40 นอกจากนี้ยังมีการส่งไปจำหน่ายต่างประเทศและมีสถิติส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พ.ศ. 2532 การส่งออกลูกกวาดมีมูลค่าประมาณ 141 ล้านบาท ในปีพ.ศ. 2533 เพิ่มขึ้นเป็น 208 ล้านบาท และในปีพ.ศ. 2534 ส่งออกเป็นมูลค่าถึง 320 ล้านบาท ตลาดสำคัญคือ ฮ่องกง ซึ่งนำเข้าลูกกวาดจากไทยประมาณ 70 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 22 ของมูลค่าส่งออกทั้งหมด ส่วนตลาดรองลงไปได้แก่ เยอรมัน พม่า และสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (สายสนม และ สิรี, 2539) ถ้าผู้ผลิตลูกกวาดของไทยสามารถรักษามาตรฐานการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ถูกรสนิยมของลูกค้าในตลาดเพิ่มขึ้น เช่น ใช้สารให้ความหวานที่เด็กอมแล้วฟันไม่ผุ หรือมีการลดปริมาณแคลอรีหรือผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่นอกเหนือจากการอมเพื่อให้ความเพลิดเพลินแล้วยังให้ประโยชน์ต่อร่างกาย คาดว่าตลาดอุตสาหกรรมลูกกวาดของไทยจะสามารถก้าวหน้าและทำเงินให้กับประเทศชาติได้เพิ่มขึ้นอีก

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินงานวิจัยเกษตรที่สูงอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น ดำเนินการค้นคว้าวิจัยและรวบรวมพันธุ์ไม้ผลเมืองหนาว งานวิจัยพืชผักเมืองหนาว งานวิจัยพืชไร่ โดยเฉพาะงานวิจัยพืชสมุนไพรต่างประเทศ ซึ่งได้ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปปลูกกันทั่วไป ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่สำคัญได้แก่ มินต์ สวีทเบซิล ซอร์เรล โรสแมรี่ ออริกาโน ทายม์ นอกจากนี้ยังมีพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ที่ยังอยู่ในระหว่างการทดลองตลาดอีกประมาณ 15 ชนิด เช่น เชอร์วิล เลมอนบาล์ม เสจ ลาเวนเดอร์ คาโมมาย เนสเตอร์เดียม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลผลิตของพืชสมุนไพรที่ทำการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกนั้นมูลนิธิโครงการ-หลวงยังได้จัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการตลาดขึ้น เพื่อช่วยจัดจำหน่ายผลิตผลของเกษตรกรชาวเขาในราคาที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังได้ดำเนินงานวิจัยและพัฒนาผลผลิตของเกษตรกรเพื่อเพิ่มคุณค่าผลผลิตให้สูงขึ้น อาทิเช่น ชาหอม และชาสมุนไพรชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (มูลนิธิโครงการ-หลวง, 2542)

การนำพืชสมุนไพรที่ทำการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกนั้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่เสริมให้เกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสมุนไพรภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้สอดคล้องกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็นหลัก ทั้งยังเป็นการช่วยลดปริมาณการนำเข้าพืชสมุนไพรจากต่างประเทศได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อทราบถึงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากสมุนไพรแต่ละชนิด
2. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด เพื่อใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง
3. พัฒนาสูตรการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งต่อการยอมรับของผู้บริโภค
4. ศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ลูกกวาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในพวก Confectionery เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งนอกเหนือจากการใช้น้ำตาลแล้วยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิต มีการจำแนกออกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของลูกกวาด และกรรมวิธีการผลิต

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้คำนิยามของลูกกวาดว่า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำด้วยน้ำตาล มีลักษณะแข็ง เมื่อเคี้ยวจะแตก ผลิตโดยละลายน้ำตาล กลูโคสไซรัป น้ำ นำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสม รีด อัดเป็นเม็ด แล้วทำให้เย็นลง ในระหว่างกรรมวิธีอาจเติมส่วนประกอบอื่น ๆ อีก ก็ได้

การจำแนกชนิดของลูกกวาด

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีอยู่หลายชนิดที่ผลิตออกจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน จึงได้มีการจัดแบ่งกลุ่มของลูกกวาดขึ้นตามความนิยม สำหรับทางด้านประเทศสหรัฐอเมริกานิยมแบ่งกลุ่มของลูกกวาด ตามลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

1. ลูกกวาดชนิดแข็ง (Hard Candies หรือ High-boiled Sweet) เป็นลูกกวาดที่มีความแข็งคงรูปแน่นอนตามความต้องการ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำได้จากการเคี่ยวน้ำตาลให้มีความเข้มข้นสูง ๆ แล้วทำให้เย็นตัวลง มีความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่า ร้อยละ 1 ส่วนประกอบที่เสริมเข้าไปกับน้ำตาลทรายคือน้ำตาลอินเวิร์ตหรือกลูโคสไซรัป หรืออาจจะใช้ทั้ง 2 อย่างร่วมกันขึ้นอยู่กับสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ สัดส่วนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยน้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัปในอัตราส่วน 70 : 30 และเคี่ยวให้เข้มข้นในแบบดั้งเดิม แต่ถ้าทำภายใต้สุญญากาศจะใช้อัตราส่วนเป็น 60 : 40 ถ้าต้องการให้ลูกกวาดละลายช้าๆ จะใช้สัดส่วนของกลูโคสไซรัปสูงขึ้น

จากลักษณะทางกายภาพของลูกกวาดนี้ยังแบ่งตามลักษณะเนื้อสัมผัสได้เป็น 2 พวกคือ พวกที่ตกผลึก (Grained type) จะมีลักษณะขุ่นขาวเนื่องจากมีฟองอากาศกระจายทั่วไปเกิดจากการดึง (Pulling) ซึ่งไม่แข็งเท่ากับชนิดที่ไม่ตกผลึก (Non grained type) ซึ่งจะมีลักษณะ ใส โปร่งแสง และมีความแข็งสูงกว่า สำหรับลูกกวาดแบบที่ตกผลึกนั้น นิยมในการทำผลิตภัณฑ์ที่เรียก After dinner mint และทำเพื่อสอดไส้ด้วยแยมหรือช็อกโกแลตข้น (Chocolate paste) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีการสอดไส้นี้จะรวมเรียกว่า บอน บอนส์ (Bonbons)

2. ลูกกวาดแบบเคี้ยว (Chewy Confections) เป็นลูกกวาดที่มีส่วนประกอบต่างไปจากประเภทแรก เนื่องจากมีส่วนของไขมันและ Milk solid เข้ามาผสมกับน้ำตาลทรายและกลูโคส-ไซรัป แล้วเคี่ยวจนมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 12-15 จึงทำให้มีลักษณะที่ไม่แข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากนัก ลูกกวาดชนิดนี้มีลักษณะเหนียวหนึบและจะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียนไม่หยาบ ชนิดของ Glucose syrup ที่ใช้ใน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มักมีค่า Dextrose equivalent 42 เพราะจะช่วยให้มีเนื้อสัมผัสเหมาะกับการเคี้ยว ส่วนไขมันจะช่วยให้มีลักษณะลื่นไหลได้ขณะเคี้ยวนอกจากนี้ในบางสูตรยังผสมสารพวกอิมัลซิไฟเออร์ลงไปด้วย เพื่อจะช่วยให้มีลักษณะของการรับประทานดีขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้แก่ คาราเมลที่ไม่มีผลึก กัม และเยลลี่ทั้งเพกตินเยลลี่ สตาร์ชเยลลี่ และเยลลี่จากวุ้น

3. ลูกกวาดแบบมีฟองอากาศ (Aerated confections) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง แต่จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันยังคงมี 2 ส่วนผสมกันอยู่คือ ส่วนที่เป็นน้ำเชื่อมหรือของเหลวอื่น ๆ ซึ่งมักเรียกว่า Continuous phase กับส่วนที่มีฟองอากาศกระจายอยู่เรียกว่า Disperse phase ในส่วนนี้อาจมีผลึกน้ำตาลที่เป็นของแข็งกระจายอยู่ด้วยก็ได้ ผลิตภัณฑ์ในรูปนี้บางสูตรจึงจำเป็นต้องอาศัยสารประกอบพวกสารลดแรงตึงผิว (Surface active agent) เพื่อควบคุมความคงตัวของฟองอากาศดังกล่าวให้คงสภาพอยู่ได้เกิดการรวมกันขึ้น ความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของ Continuous phase และขนาดของฟองอากาศที่กระจายอยู่ ผลของการเติมอากาศเข้าไปจะทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือประมาณ 0.2 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าเพราะมีขนาดเพิ่มขึ้นในขณะที่น้ำหนักเท่ากัน และยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในแง่ความรู้สึกในปาก (Mouthfeel) ที่แตกต่างไป (สายสนม และ สิริ, 2539.)

ลูกกวาดชนิดแข็ง (Hard candies)

ลูกกวาดชนิดแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของของผสมระหว่างน้ำตาลและน้ำที่ผ่านกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง ร่วมกับการใช้ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สารที่เรียกว่า Doctor ได้แก่ คอร์นไซรัป น้ำตาลอินเวอร์ส และครีมออฟทาร์ทาร์ เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงสำหรับครีมออฟทาร์ทาร์นั้นปริมาณที่ใช้จะอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.5 - 2 แต่บางครั้งอาจใช้ถึงร้อยละ 3 - 5 (Alikonis, 1979) ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดจะต้องมีความหนืดสูงและจะต้องมีความคงตัวที่อุณหภูมิปกติและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้วผลิตภัณฑ์ต้องไม่มีการดูดความชื้นเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกว่า hygroscopic (bernard, 1989) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดยังมีการเติมสีและกลิ่น บางครั้งอาจมีการเติมแยมผลไม้ เนยถั่ว อื่นๆ (Alikonis, 1979)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดชนิดแข็ง

วัตถุดิบพื้นฐาน

ส่วนผสมที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดได้แก่ น้ำตาล น้ำตาลอินเวอร์ส กลูโคสไซรัป กลิ่น กรดอินทรีย์ สี และอื่นๆ

1. น้ำตาลซูโครส หรือที่เรียกกันว่าน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Sucrose) เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุดส่วนน้ำตาลทรายแดง (Brown sugar) มีการใช้บ้างเพื่อแต่งกลิ่นในผลิตภัณฑ์คาลาเมลและ Fuge นอกจากนี้ยังมีการผลิตน้ำตาลผสมสำเร็จเพื่อนำไปทำ Fondant โดยเฉพาะเพื่อช่วยลดขั้นตอนการเคี่ยวและการนวด (Beating) ได้น้ำตาลที่เรียกว่า " Easy fond " ซึ่งมีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตเข้าไปผสมร้อยละ 3 เพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลทรายหรืออาจจะใช้ Maltodextrin ผสมประมาณร้อยละ 13 นอกจากนี้ยังมีการผลิตออกมาในรูปที่เรียกว่าน้ำตาลเกร็ดละเอียด (Microcrystalline sugar) หรือเรียกชื่อทางการค้าว่า Microtal ซึ่งน้ำตาลชนิดนี้จะมีลักษณะการไหลอย่างอิสระละลายน้ำง่าย ดูดซับความชื้นต่ำ มีมวลความหนาแน่น (Bulk density) ต่ำ และละลายได้ง่าย ความสามารถในการละลายน้ำนับว่าเป็นสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งมีผลต่อการนำไปใช้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการละลายของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิต่างๆ

Temperature (°c)	Sucrose (grams)
0	179.2
10	109.5
20	203.9
30	219.5
40	238.1
50	260.4
100	487.2
110	669

ที่มา : สายสนม และ สิริ (2539)

โดยทั่วไปน้ำตาลทรายจะละลายได้จนมีความเข้มข้นร้อยละ 67 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เมื่อวางทิ้งไว้จะตกผลึกได้ในระยะสั้น แต่ถ้ามีการเติม Invert sugar หรือ กลูโคสไซรัปลงไปผสมจะช่วยให้น้ำตาลทรายละลายได้มากขึ้นโดยไม่ตกผลึก และยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วยแต่จะต้องให้มีความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป ในการผลิตลูกกวาดจึงมักนิยมเตรียมน้ำเชื่อมในรูปที่เข้มข้นดังกล่าวไว้ก่อนจะส่งไปยังถังเคี่ยวน้ำตาลทรายที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นี้จะต้องมีระดับคุณภาพของ Confectioners AA โดยเฉพาะน้ำตาลที่ใช้เพื่อผลิต fondant และเพื่อการเคลือบผิวรวมทั้งการผลิตพวกกัมและเยลลี่เพราะจะให้ลักษณะที่ใสและเป็นประกาย (สายสนม และ สิรี, 2539)

คุณสมบัติบางประการของน้ำตาล น้ำตาลเมื่อผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยทั่วไปจะมีสิ่งเจือปน (Impurity) น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ซึ่งอยู่ในรูปของเถ้า โปรตีน และอื่นๆ บางครั้งอาจเรียกน้ำตาลอินเวอร์สว่าเป็นสิ่งเจือปนเพราะจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในระหว่างกระบวนการผลิตทำให้ลูกกวาดมีสีน้ำตาล ส่วนเถ้าอาจทำให้ไขมันเกิดปฏิกิริยา Saponification กลายเป็นสบู่เป็นผลให้เกิดฟองจำนวนมากในระหว่างการผลิต น้ำตาลที่อยู่ในรูปของเหลว (Liqiud sugar) มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 33 - 34 ซึ่งหมายความว่าจะต้องใช้เวลานานขึ้นในการผลิตลูกกวาดเพื่อกำจัดความชื้นที่มากเกินไปเมื่อใช้ น้ำตาลในรูปของเหลว (Alikonis, 1979)

น้ำตาลซูโครสไม่คงตัวในสารละลายที่เป็นกรดจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส และถ้าได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวได้เป็นคาราเมล มีสีน้ำตาล

การถูกย่อยสลายด้วยกรดและเอนไซม์หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาการไฮโดรไลสิสน้ำตาลซูโครสมีความสำคัญมาก เพราะสารละลายน้ำตาลซูโครสมี specific rotation เป็น + 66.5° เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสที่มีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน สารละลายน้ำตาลกลูโคสมี specific rotation เป็น + 52.2° และสารละลายน้ำตาลฟรุคโตสมี specific rotation -93° แต่สารละลายผสมของน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสที่ได้จากการไฮโดรไลสิสน้ำตาลซูโครสมี specific rotation เป็น - 20.4° จึงทำให้ได้ชื่อว่าเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) เพราะทำให้ specific rotation ของสารละลายน้ำตาลเปลี่ยนจาก + 66.5° เป็น -20.4° ภายหลังปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น น้ำตาลซูโครสละลายได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิช่วงกว้างจึงนิยมนำมาใช้ทำน้ำเชื่อม อย่างไรก็ตามน้ำตาลซูโครสมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลฟรุคโตส จึงนิยมใช้น้ำตาลอินเวิร์ตใน การทำผลิตภัณฑ์ลูกอมและลูกกวาด และเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ที่ต้องการรสหวาน

2. น้ำตาลอินเวิร์ต (Invert sugar) คือน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซ์น้ำตาลทรายหรือสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว คือ กลูโคส และ ฟรุกโตส ผสมกันอยู่ ซึ่งการผลิตน้ำตาลชนิดนี้ในแบบดั้งเดิมทำโดยการต้มน้ำเชื่อมกับกรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดน้ำส้ม กรดซิตริค และทาทาร์ริก นานประมาณ 30-45 นาที กรดที่ใช้เข้มข้นประมาณร้อยละ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักจะมีสีเข้ม และระยะหลังนิยมใช้เอนไซม์ invertase มาไฮโดรไลซ์ ระดับของ Inversion จะแตกต่างกันไป ที่ผลิตจำหน่ายอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะมีลักษณะเป็น น้ำเชื่อมใส มีปริมาณส่วนที่เป็น Soluble solid ร้อยละ 70 ในส่วนนี้จะประกอบด้วยน้ำตาลอินเวิร์ต ร้อยละ 50

หน้าที่ของน้ำตาลชนิดนี้คือช่วยเพิ่มการละลายได้ของน้ำตาลทราย ป้องกันการตกผลึกและช่วยให้การดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ต่ำ น้ำตาลชนิดนี้จะมีความหวานสูงกว่าน้ำตาลทราย

3. กลูโคสไซรัป (Corn syrup, Liquid glucose หรือ แบะแซ) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสตาร์ชที่บริโภคได้ (มาทำให้เกิดการสลายตัวบางส่วนโดยวิธีการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดและ/หรือเอนไซม์ทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้น ซึ่งจะประกอบด้วย D-glucose Moltose และ Polymer ของ D-glucose ในสัดส่วนที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาวะของการไฮโดรไลซ์หรือวิธีการผลิต) นิยมใช้สตาร์ชจากข้าวโพด ระดับของการสลายตัวของสตาร์ชจะมีผลต่อชนิดและสมบัติของกลูโคสไซรัป ซึ่งนิยมกำหนดด้วยค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose equivalent) นิยมเรียกสั้นๆ ว่า D.E. ซึ่งหมายถึงปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โดยคำนวณในรูปของ D (+) - glucose ของปริมาณน้ำหนักแห้งทั้งหมด (สายสนม และสิรี, 2539)

กลูโคสไซรัปสามารถผลิตจากแป้งที่มาจากวัตถุดิบหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง เป็นต้น สำหรับการผลิตกลูโคสไซรัปในประเทศไทย จะใช้วัตถุดิบคือแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากมีราคาถูกและมีปริมาณโปรตีน ไขมัน อยู่ในปริมาณต่ำ ทำให้ไม่ค่อยเกิดปัญหาในกระบวนการผลิต

ในการย่อยแป้ง จะแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

Liquefaction เป็นการย่อยแป้งให้เป็นเดกซ์ตริน เพื่อลดความหนืดของน้ำแป้ง

Saccharification เป็นการย่อยต่อจากขั้นตอน Liquefaction จะได้เป็นน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น กลูโคส มอลโตส เป็นต้น

ซึ่งในการผลิตกลูโคสไซรัป ในระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งเป็น 3 วิธีหลัก ๆ ดังนี้

1. ใช้กรดย่อย (Acid conversion) โดยการใช้กรดไฮโดรคลอริค ย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 130-140 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 1.8 ภายใต้ความดันประมาณ 5 bar วิธีนี้จะไม่เหมาะสำหรับการผลิตของกลูโคสไซรัปที่มีค่าดีอีต่ำ (DE.<35) เนื่องจากจะเกิดการขุ่นของกลูโคสไซรัป

2. ใช้กรด-เอนไซม์ย่อย (Acid-Enzyme conversion) ในขั้นตอนแรกจะย่อยแป้งด้วยกรดไฮโดรคลอริค จนได้ค่าดีอีประมาณ 15 - 20 แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์

3. ใช้เอนไซม์ย่อย (Enzyme conversion) จะใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งทั้ง 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอน Liquefaction จะใช้เอนไซม์ α-amylase เพื่อลดความหนืดของแป้งจนได้ค่าดีอีประมาณ 15 - 20 จากนั้นในขั้นตอน Saccharification จะย่อยต่อด้วยเอนไซม์ β-amylase เพื่อให้ได้ค่าดีอี 37 - 42 ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ขนมหวาน ลูกกวาด และยา ในกรณีที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตกลูโคสไซรัปที่มีค่าดีอีสูง (DE.>95) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต Fructose syrup หรือ Sorbitol จะต้องใช้เอนไซม์ Glucoamylase ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 60-72 ชั่วโมง

ชนิดของกลูโคสไซรัป ที่กำหนดโดยค่า D.E. มี 5 ชนิด ดังนี้คือ

1. Moltodextrin เป็นชนิดที่มีค่า D.E. ต่ำกว่า 20 จะไม่เรียกว่า กลูโคสไซรัป
2. กลูโคสไซรัป ที่มีการแปลงผันต่ำ (Low Conversion Glucose Syrup) จะมีค่า D.E. 20 – 38
3. กลูโคสไซรัป ที่มีการแปลงผันปานกลาง (Medium Conversion Glucose Syrup) จะมีค่า D.E. 39 - 58 ชนิดที่เรียกว่า regular grade หรือ standard grade จะเป็นชนิดที่มีค่า D.E. 42
4. กลูโคสไซรัป ที่มีการแปลงผันสูง (High Conversion Glucose Syrup) จะมีค่า D.E. 49 - 65
5. High Fructose จะมีค่า D.E. 75 - 96

ผลิตภัณฑ์กลูโคสไซรัปที่ผลิตจำหน่ายจะมีทั้งลักษณะที่เป็นของกึ่งแข็งกึ่งเหลวข้นหนืด และในลักษณะที่เป็นผง ตามมาตรฐานทางการค้าจะต้องมีสารแห้ง (dry substance) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ตามปกติทั่วไปจะมีอยู่ระหว่างร้อยละ 80 -82 ต้องมีค่า D.E. ไม่ต่ำกว่า 20 มี เถ้าซัลเฟต ได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ควรต่ำกว่า 20 ppm แต่ชนิดที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกกวาด อนุญาตให้มีได้ถึง 400 ppm (สายสนม และ สิริ, 2539)

สมบัติบางประการที่สำคัญของกลูโคสไซรัป

คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางเคมี

1. ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบ วิธีง่าย ๆ ที่ใช้ในการแบ่งประเภทกลูโคสไซรัป คือ การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งไม่แสดงอัตราส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของกลูโคสไซรัป วิธีที่เหมาะสมในการตรวจสอบชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบ คือ การใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) กลูโคสไซรัปมีองค์ประกอบแตกต่างกันเมื่อ
   ก. กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน
   ข. เอนไซม์ต่างชนิดกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

DE. กลูโคสไซรัป	วิธีการผลิต	Dextrose	Maltose	Maltotriose
42	ใช้กรด	19	14	12
	กรด-เอนไซม์	6	45	12
	เอนไซม์-เอนไซม์	3-4	40-45	20-25
25-29	Low Temp.	3-4	11-13	12-13
	Heat stable	2-3	10-12	15-17

ที่มา : Grosch and Belitz (1987)

2. ความหวาน การวัดความหวานโดยใช้การชิม เป็นวิธีการที่มีข้อผิดพลาดค่อนข้างสูง เนื่องจากมีผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเปรี้ยว ความเป็นกรด - ด่าง ความหนืด อุณหภูมิ และวิธีการในการชิม แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถสรุปได้ว่า

ความหวานจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

ความหวานเพิ่มขึ้น เมื่อค่าดีอีเพิ่มขึ้น

ความหวานเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ความหวานลดลง เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

ความหวานลดลง เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น

3. ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศ โดยปกติผลิตภัณฑ์ที่ค่า ERH (Equilibrium relative humidity) ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม จะดูดความชื้นจากบรรยากาศ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ ที่มีค่า ERH สูงกว่าสิ่งแวดล้อม จะสูญเสียความชื้น ดังนั้นกลูโคสไซรัปที่มีค่าดีอีสูง ซึ่งมีค่า ERH ต่ำ จะมีโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นสูง ในขณะที่กลูโคสไซรัป ที่มีค่าดีอีต่ำ จะเพิ่ม ERH และโอกาสที่จะดูดความชื้นจากบรรยากาศต่ำ นอกจากนี้แล้วเกลืออนินทรีย์ จะทำให้อัตราเร็วในการดูดความชื้นจากบรรยากาศเพิ่มขึ้น

4. ความหนืด ความหนืดของกลูโคสไซรัป ขึ้นกับ อุณหภูมิ ความเข้มข้น อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบโดย

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนืดของ glucose syrup ลดลง

เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น

เมื่อน้ำตาลโมเลกุลใหญ่เพิ่มขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อน้ำตาลโมเลกุลเล็กเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การเกิดสี ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสี คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดจากคาร์โบไฮเดรตทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล วิธีการลดการเกิดสีคือ การลดปริมาณโปรตีน การเพิ่มซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการลดค่าดีอีของกลูโคสไซรัปให้ต่ำลง ซึ่งจะทำให้หมู่แอลดีไฮด์อิสระลดลง จึงเกิดปฏิกิริยาได้น้อยลง

6. การเกิดผลึก ในการผลิตอาหารที่มีของแข็ง เช่น น้ำตาลทราย กลูโคส หรือแลคโตสในปริมาณสูง จะเกิดการตกผลึกของน้ำตาลได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องป้องกันโดยการใช้มอลโตสเดกซตริน หรือกลูโคสไซรัปที่มีดีอีต่ำ

7. การช่วยเสริมกลิ่นกลูโคสไซรัป ที่มีค่าดีอีสูง จะช่วยเสริมกลิ่น

8. การเกิดเงากลูโคสไซรัป จะช่วยทำให้เกิดเงาในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ผลไม้แห้ง เค้ก และไอซิ่ง (ศิริลักษณ์, 2525)

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีอี และ คุณสมบัติของกลูโคสไซรัป มีดังนี้

คุณสมบัติของ glucose syrup	ค่าดีอี			
	ต่ำ	ปานกลาง	ค่อนข้างสูง	สูง
BODYING AGENT	←			
BROWNING REACTION				→
COHESIVENESS	←			
FERMENTABILITY				→
FLAVOR ENCHANCEMENT				→
FLAVOUR TRANSFER MEDIUM				→
FOAM STABILITY	←			
FREEZING POINT DEPRESSION				→
HUMECTANCY				→
HYGROSCOPICITY	←			
NUTRITIVE SOLIDS				→
PREVENTION OF SUGAR CRYSTALIZATION				→
PREVENTION OF COARSE ICE CRYSTALS	←			
DURING FREEZING	←			
SHEEN PRODUCER	←			
SWEETNESS	←			
VISCOSITY				→

ที่มา : Jackson and Howling, 1995

หมายเหตุ : → หมายถึง น้อย → มาก ← หมายถึง ← มาก ← น้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลูโคสไซรัปจะมีสมบัติแตกต่างกันไปตามค่าของ D.E. และวิธีการผลิต กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. ต่ำจะมีความหนืดสูง มีความหวานต่ำ ช่วยป้องกันการตกผลึกได้ดี มีการดูดซับน้ำต่ำจึงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของสารที่ใช้เคลือบผิวเพื่อป้องกันการเหนียวเหนอะหนะเมื่อจับต้อง ช่วยให้มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนมีความเลื่อมมัน ทนต่อการแตกหักได้ดี ช่วยควบคุมการเกิดผลึกของน้ำตาลในการผลิตลูกกวาด ช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสและปรับระดับความหวาน ยิ่งกว่านั้นคือ มีราคาถูกกว่าน้ำตาลซูโครส กลูโคสไซรัป ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตลูกกวาดชนิดแข็งจะมีค่า D.E. ในช่วง 34 - 43 การละลายน้ำของกลูโคสไซรัปจะละลายได้ดีเมื่อค่า D.E.สูง และจะลดหลั่นลงไปตามค่า D.E.กลูโคสไซรัปที่มีค่าD.E.สูงขึ้นจะมีความหวานเพิ่มขึ้นแต่ความหนืดจะลดลง

4. สารให้กลิ่น สารให้กลิ่นมีความสำคัญและจำเป็นในกระบวนการผลิตอาหารเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ปราศจากกลิ่นเฉพาะของตัวเอง เช่น ลูกกวาดชนิดต่างๆ น้ำอัดลม (ปริศนา, 2537) สารให้กลิ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาดและชอคโกแลต แบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

Essential Oils

Essences

Fruit Juices

Powdered Flavour

แต่ที่นิยมใช้ในการผลิตลูกกวาดส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปกลิ่นสังเคราะห์และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้กลิ่นที่ใช้ควรจะมีลักษณะพิเศษคือ ทนความร้อนได้สูงถึง 154 องศาเซลเซียส ในช่วงสั้น และทนได้ที่ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้นเพราะการเติมกลิ่นในผลิตภัณฑ์นี้จะต้องทำขณะร้อนเมื่อเคี่ยวน้ำตาลได้ที่แล้ว การเติมกลิ่นจะทำการเติมในขั้นตอนการทำให้เข้มข้น ปริมาณที่ใช้จะใช้น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ต่อน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด การเติมจะกระทำที่อุณหภูมิ 87.7 องศาเซลเซียส (190 องศาฟาเรนไฮต์) เพื่อป้องกันการระเหยและการสูญเสียกลิ่น ถ้าหากการเติมกลิ่นในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการผลิตเป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นได้ (สายสนม และสิรี, 2539) สำหรับในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดซึ่งมีทั้งแบบแข็ง (Hard boiled) และแบบเคี้ยว (Chewey) ควรหลีกเลี่ยงสารให้กลิ่นที่มีแอลกอฮอล์เป็นตัว ทำละลาย เพราะในขั้นตอนการผลิตต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้สารให้กลิ่นไม่คงตัว (ปริศนา, 2537)

น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ในธรรมชาติมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารพวกเทอร์ปีน เทอร์ปีนนอยด์ และ สารประกอบพวกฟีนิลโพรเพน เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและมีปริมาณไม่สูงนัก (Merory, 1968) น้ำมันหอมระเหยบางชนิดจะมีสารแอนตี้ออกซิแดนท์เป็นองค์ประกอบซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ (Lee and Jackson, 1973) น้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หอมระเหยเป็นสารให้กลิ่นซึ่งมีมากในสมุนไพรและเครื่องเทศ และจะให้กลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของสมุนไพรและเครื่องเทศชนิดนั้นๆ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จากต้นสมุนไพรสดสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งได้แก่วิธี distillation , solvent extraction , expression (Dzieak, 1989) แต่วิธี distillation จะได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด ได้แก่ aniseed , clove , cinnamon ,eucalyptus , ginger , grapefruit , lemon, lime, orange , peppermint , rose , spearmint (Memory, 1968)

น้ำมันหอมระเหยจะมีองค์ประกอบเป็นสารประเภทระเหยได้เป็นองค์ประกอบหลักและจะให้กลิ่นที่เป็นกลิ่นเฉพาะตัวของสมุนไพรแต่ละชนิด นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยยังมีประโยชน์ในด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยจะไม่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงและคุณภาพส่วนใหญ่ของกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกันเนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยนั้นจะไม่มีเอนไซม์และแทนนิน อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยไม่ใช่สารให้กลิ่นที่สมบูรณ์ที่สุด เพราะเนื่องจากเมื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมานั้นจะมีแต่สารประเภทระเหยได้เท่านั้น แต่สารประเภทที่ไม่สามารถระเหยได้นั้นไม่สามารถปนออกมาได้ มีการบันทึกไว้ว่าน้ำมันหอมระเหยของ ginger และ pepper (*piper nigrum*) ที่ได้จะขาดรสเผ็ดร้อน ซึ่งสารที่ทำให้เกิดรสเผ็ดร้อนนี้จะประกอบไปด้วยสารประเภท non volatile gingerol และ piperine (Dzieak, 1989)

ขั้นตอนการผลิตลูกกวาดโดยทั่วไป

1. ทำให้น้ำตาลสลายตัว คือการทำให้น้ำตาลซูโครสสลายตัวอย่างสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส หรือเรียกว่า อินเวอร์ซูการ์ วิธีการสลายอาจทำได้โดยการต้มในน้ำเดือด หรืออาจใช้สารช่วยเร่งการเกิดอินเวอร์ซูการ์ เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์

2. ขั้นของการทำน้ำเชื่อม อุณหภูมิสำหรับต้มน้ำเชื่อมทำลูกกวาดจะบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของน้ำเชื่อมนั้น เพราะว่าจุดเดือดน้ำเชื่อมมาจากคุณสมบัติรวม ซึ่งมีผลจากอนุภาคทั้งหลายที่มีในน้ำเชื่อมนั้น ปริมาณน้ำในผลที่ได้ขั้นสุดท้ายเป็นสิ่งแรกที่จะมีผลถึงความแข็งของลูกกวาด อุณหภูมิสำหรับต้มน้ำเชื่อมย่อมขึ้นกับประเภทของลูกกวาดที่ทำ ปริมาณและชนิดของส่วนผสมอื่นที่นอกเหนือไปจากน้ำตาลทราย ความชื้น และความสูงของระดับพื้นที่จากน้ำทะเล ถ้าทำลูกกวาดในวันที่อากาศชื้นมาก จุดสุดท้ายของน้ำเชื่อมที่ต้มควรจะต้องสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ก็เพราะน้ำเชื่อมนั้นมักจะดูดความชื้นจากอากาศได้ดี พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลที่ต่างกันจะมีความกดดันของอากาศไม่เท่ากัน ซึ่งจะไปมีผลให้จุดเดือดของน้ำเชื่อมต่างกันไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ต้มมีปริมาณน้อยจะเป็นการยากที่จะอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง เพราะไม่สามารถจุ่มกระเปาะปรอทลงไปในน้ำเชื่อมได้อย่างถูกหลักหรือเพราะความข้นหนืดของน้ำเชื่อม จะไปป้องกันการส่งผ่านความร้อนในน้ำเชื่อมนั้นหรืออีกนัยหนึ่งการส่งผ่านความร้อนในน้ำเชื่อมจะเป็นไปได้ช้าลง ในกรณีดังกล่าวควรจะใช้วิธีทดสอบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยหยดลงในน้ำเย็นจากลักษณะความอยู่ตัวหรือความแข็งของน้ำเชื่อมที่หยดลงในน้ำเย็นจะสามารถทราบว่าน้ำเชื่อมนั้นมีความเข้มข้นได้ที่สำหรับทำลูกกวาดตามต้องการแล้วหรือไม่ ระดับความอยู่ตัวในการทดสอบด้วยน้ำเย็นนี้เป็นการบอกโดยใช้คำอธิบายแต่ต้องยอมรับว่าไม่สามารถจะขีดขั้นตอนที่แน่นอนลงไปได้ ในระหว่างลักษณะปั้นเป็นก้อนอ่อนที่ไม่อยู่ตัว (Soft ball) และลักษณะปั้นเป็นก้อนอ่อนที่อยู่ตัวปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าขณะที่ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นทีละน้อยนั้น ความอยู่ตัวของน้ำเชื่อมที่หยดลงไปทดสอบในน้ำเย็นก็เพิ่มขึ้นด้วย การทดสอบน้ำเชื่อมด้วยวิธีนี้อาจให้ผลแตกต่างกันตามอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้และตามระยะเวลาที่ทิ้งหยดน้ำเชื่อมไว้ในน้ำเย็น อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ วิธีนี้ก็ยังสามารถใช้เป็นเครื่องบอกขั้นของน้ำเชื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร วิธีนี้จะมีความเที่ยงตรงน้อยกว่าการใช้เทอร์โมมิเตอร์อยู่ที่การตีความหมายว่าลักษณะเป็นก้อนอ่อนไม่อยู่ตัว หรือเป็นก้อนอ่อนอยู่ตัวปานกลางนั้นคืออย่างไร

น้ำเชื่อมที่อุณหภูมิสูง 110-112 องศาเซลเซียส จะทำให้เป็นก้อนกลมไม่ได้ในน้ำซึ่งมีน้ำแข็งอยู่ แต่ขณะหยดมันจะกระจายออกให้ลักษณะคล้ายเส้นด้ายยาวประมาณ 2 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 113-115 องศาเซลเซียส เราสามารถทำให้หยดน้ำเชื่อมนั้นมีลักษณะเป็นก้อนกลมได้โดยง่าย แต่ถ้ายกออกมาจากน้ำเย็น มันจะไม่คงรูปกลมนั้นไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง น้ำเชื่อมขั้นนี้เหมาะสำหรับทำฟองด้องท์ ฟัดจ์ เพน-นูซิ ที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส จะให้ลักษณะเป็นก้อนกลมและอยู่ตัวที่อุณหภูมิ 122 องศาเซลเซียส ก้อนกลมที่ได้จะแข็งขึ้น และอยู่ตัวดีขึ้นที่อุณหภูมิห้อง น้ำเชื่อมสำหรับทำลูกกวาด คาราเมล ต้องต้มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 118-122 องศาเซลเซียส นอกจากว่าจะมีน้ำผึ้งหรือน้ำเชื่อมกากน้ำตาลเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิ 118-123 องศาเซลเซียส นั้น ใช้สำหรับทำน้ำเชื่อมเพื่อเทผสมกับไข่ขาวที่ตีให้ขึ้นฟูแล้ว

น้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 121-130 องศาเซลเซียส จะให้ลักษณะเป็นก้อนแข็งขึ้นเมื่อทดสอบด้วยน้ำเย็น ซึ่งจะคงรูปร่างและยืดหยุ่นได้ น้ำเชื่อมขั้นนี้ใช้ทำ Nougat , และ Taffies บางชนิด น้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 132-143 เรียกว่าขั้นแข็งหักได้ เมื่อหยดลงในน้ำเย็นจะให้ลักษณะแยกออกเป็นเส้นแข็ง หักได้แต่ไม่เปราะ น้ำเชื่อมขั้นนี้ใช้ทำบัตเตอร์สกอทซ์ และทอฟฟี่ น้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 149-154 องศาเซลเซียส เรียกขั้นแข็งเปราะ เมื่อหยดในน้ำเย็นจะให้ลักษณะแยกออกเป็นเส้นแข็งและเปราะ ซึ่งเหมาะใช้ทำพวก ถั่วตัด ถั่วกระจก และเคลือบอาหาร (ศิริลักษณ์ , 2525)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

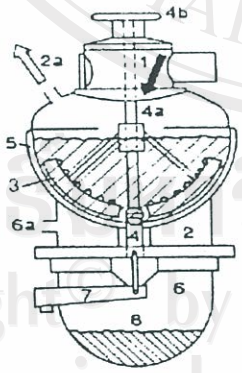
กระบวนการลูกกวาดชนิดแข็งในระดับอุตสาหกรรม

วิธีการดั้งเดิมในการผลิตจะใช้ Gas หรือ Coke – fired boiling pan ยิ่งกว่านั้นอาจใช้ High – pressure steam , Vacuum batch-cooking และปัจจุบันจะใช้ Continuous และ vacuum cooker

สภาวะในกระบวนการผลิตในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน การผลิตลูกกวาดชนิดแข็งส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรที่มีการออกแบบการใช้งานเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous)หรือกึ่งต่อเนื่อง (Semicontinuous) แต่ระบบ Batch ก็ยังคงมีการใช้กันอยู่แต่ส่วนใหญ่จะใช้ในการผลิตที่มีกำลังการผลิตประมาณ 100 ปอนด์ ขั้นตอนในกระบวนการผลิตนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจะส่งผลถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดควรจะพิจารณาถึงสภาวะการผลิต ความสำคัญ ความเหมาะสม ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดด้วย

Batch cooking เป็นการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่น้ำเชื่อม จนมีอุณหภูมิประมาณ 104 - 110 องศาเซลเซียส ของผสมจะถูกป้อนเข้าสู่ Steam-heated kettle ให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 135 - 138 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ นานประมาณ 10 นาที ของผสมจะมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 0.5 - 1

Semicontinuous vacuum cooking ให้ความร้อนแก่น้ำเชื่อมจนมีอุณหภูมิประมาณ 110 - 115 องศาเซลเซียส และน้ำในน้ำเชื่อมจะถูกเคลื่อนย้ายออกไปในสภาวะความดันบรรยากาศ น้ำเชื่อม เข้มข้นจะถูกป้อนเข้าสู่ Heat - exchange cooker ซึ่งจะไหลไปตาม Steam - heated coil สุดท้ายจะถูกปล่อยเข้าสู่ Vacuum kettleแบบต่อเนื่อง



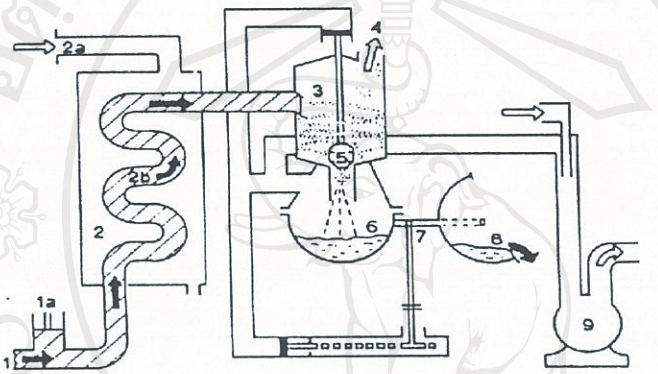
1. Filling (Water, Sugar, Glucose, and Possibly Milk and Fat)
2. Batch Cooker
2a. Vapor Exhaust
3. Mixer
4. Valve
4a. Valve rod
4b. Valve Operating Wheel
5. Steam Heating
6. Vacuum Chamber
6a. Vacuum Connection
7. Swivel Device
8. Delivery Pan with Ready Boiled Sugar Mass

ภาพที่ 2.1 แสดงหม้อต้มเคี่ยวระบบสุญญากาศแบบกะ

ที่มา : Charley(1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Continuous Vacuum Cooking ประสิทธิภาพของการผลิตแบบนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องจักรในการทำให้น้ำเชื่อมมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าวิธีอื่นร่วมกับให้มีการไหลแบบFast-flowing thin film โดยการให้ความร้อนแก่น้ำเชื่อมด้วยการปั๊มแบบต่อเนื่อง ทำให้เข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ระบบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สภาวะสุญญากาศ และอัตราการไหล สภาวะการผลิตสามารถปรับเพื่อให้ได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นมากที่สุดโดยการลดอุณหภูมิเพื่อจำกัดการเกิดอินเวอร์สชั่นและการเปลี่ยนแปลงของสี ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมี น้ำตาลรีดิวซ์ประมาณร้อยละ 12 – 17



1. Precooked Sugar-Glucose Solution
1a. Feed Pump
2. Steam Chamber
2a. Steam Supply
2b. Cooking Coil
3. Vapor Space
4. Extraction of Vapors
5. Valve
6. Vacuum Chamber
7. Pan-Swiveling Device
8. Discharge Pan
9. Vacuum Pump

ภาพที่ 2.2 แสดงหม้อต้มเคี่ยวระบบสุญญากาศแบบต่อเนื่อง

ที่มา : Charley (1982

1. Precooked Sugar-Glucose Solution
1a. Feed Pump
2. Steam Chamber
2a. Steam Supply
2b. Cooking Coil
3. Vapor Space
4. Extraction of Vapors
5. Valve
6. Vacuum Chamber
7. Pan-Swiveling Device
8. Discharge Pan
9. Vacuum Pump

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อดีของการผลิตลูกกวาดชนิดแข็งภายใต้ระบบสุญญากาศ

การใช้กระบวนการในการผลิตลูกกวาดภายใต้ระบบสูญญากาศ จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของลูกกวาดได้ในหลายๆด้าน

- ช่วยทำให้สีของลูกกวาดดีขึ้น เพราะการใช้ไฟโดยตรงจะทำให้เกิดสีน้ำตาล
- ลดอุณหภูมิในการผลิตให้ต่ำลงซึ่งจะลดการเกิดอินเวอร์สชั่นของน้ำตาลซูโครสช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงความใส
- ลดต้นทุนและเวลาในการผลิต

โดยปกติการผลิตในระบบสุญญากาศจะใช้สัดส่วนของกลูโคสไซรัปในปริมาณที่สูงและในระบบ Batch จะต้มน้ำเชื่อมใน Ccooking pan ซึ่งอยู่ส่วนบนเหนือ Cacuum pan หลังจากให้ความร้อนเพื่อให้น้ำเชื่อมมีอุณหภูมิสูงขึ้นใน Cooking panแล้ว จากนั้นจะทำการลดอุณหภูมิลงโดยการนำเข้าสู่ระบบสุญญากาศในกะทะด้านล่างโดยจะมีวาล์วควบคุม น้ำเชื่อมจะถูกปล่อยในอัตราส่วนที่คงที่ เติมกลิ่นและสีพร้อมกับทำการคน หลังจากนั้นจะปล่อยไปสู่ Cooling table เมื่อน้ำเชื่อมเย็นลงและมีลักษณะคล้ายพลาสติกแล้วจะถูกฟอร์มเป็นเส้นเพื่อเข้าสู่การขึ้นรูปโดยการกดให้เป็นเม็ด

การลดอุณหภูมิและการนวด (Tempering and kneading)

ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดแข็งหลายชนิด หลังจากผ่านกระบวนการผลิตแล้วจำเป็นจะต้องทำให้มีความข้นเหนียวที่เหมาะสมแก่การขึ้นรูป วิธีการในการถ่ายเทความร้อนเพื่อให้น้ำเชื่อมที่ผ่านกระบวนการผลิตมีความหนืดเหนียวที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในขั้นตอนนี้จะมีการเติมกลิ่นและสีลงไปในน้ำเชื่อม จากนั้นของผสมจะถูกนวดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดตามที่ต้องการ ในระบบ Semicontinuous หรือ Continuous การเติมกลิ่นและสีจะเติมลงใน in -stream mixing pan และนวดด้วยเครื่องจักร การนวดจะกระทำนานประมาณ 5 นาที ในระหว่างนี้น้ำเชื่อมจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจุดนี้เป็นจุดที่สำคัญเพราะถ้าหากไซรัปมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ขุ่นมัว(Henry, 1978)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของลูกกวาด

ในลูกกวาดชนิดแข็ง มีวิธีป้องกันไม่ให้ผลึกเกิดได้โดย ต้มน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิสูงมากจนสิ่งที่ได้จะแข็งตัวเสียก่อนที่ผลึกจะมีโอกาสเกิดขึ้น หรือเติมสารขัดขวางการตกผลึกในปริมาณสูงจนผลึกเกิดขึ้นไม่ได้ ในทางอุตสาหกรรมมีการต้มโดยใช้สุญญากาศ จึงลดอุณหภูมิการต้มได้ และเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหลีกเลี่ยงไม่ให้สีเปลี่ยนแปลงไป เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนแก้ว การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของลูกกวาดชนิดนี้ที่สำคัญ ได้แก่

1. การเปลี่ยนเป็นอินเวอร์ทซูการ์ของซูโครส (Inversion) ถึงแม้ว่าส่วนผสมในการทำลูกกวาดชนิดแข็งจะไม่ค่อยยุ่งยาก แต่ส่วนประกอบของผลที่ได้สุดท้ายกลับซับซ้อนทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลทรายด้วยความร้อน ถ้าเป็นลูกกวาดที่ต้องเติมกรด เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์ ซูโครสบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นอินเวอร์ทซูการ์ อินเวอร์ทซูการ์นี้ก็คือส่วนผสมของน้ำตาล D-glucose และ D-fructose รวมกันอยู่ในอัตราส่วนเท่ากัน ซึ่งเกิดได้จากน้ำตาลซูโครสด้วยการต้มโดยมีกรดอยู่ด้วย ดังสมการ

$$\underset{\text{sucrose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} \underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fructose}}{C_6H_{12}O_6}$$

ขบวนการสลายตัวนี้เรียกว่า Inversion ทั้งนี้เพราะเกี่ยวข้องกับการที่น้ำเชื่อมไปเบี่ยงเบนแสงโพลาไรซ์จากขวามือไปซ้ายมือ ซูโครสซึ่งปกติหมุนขวาจะเปลี่ยนเป็นส่วนผสมของน้ำตาลโมเลกุลเดียวหรืออินเวอร์สซูการ์ซึ่งหมุนซ้าย ในอุตสาหกรรมการทำลูกกวาดแทนการใช้กรดช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว บางทีมีการเติมอินเวอร์สซูการ์ ซึ่งเตรียมจากการทำให้น้ำตาลทรายสลายตัวด้วยเอนไซม์

2. การแตกตัวจากการเปลี่ยนอุณหภูมิ (Thermal decomposition) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับน้ำตาลทรายอีกอย่างหนึ่งจะเกิดในลูกกวาดชนิดแข็งที่ต้มด้วยอุณหภูมิสูงและมีความชื้นระดับต่ำเท่านั้น แต่จะไม่เกิดในลูกกวาดที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าและมีความชื้นสูงกว่า ดังเช่นในฟองดองท์ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นการเปลี่ยนรูปที่ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันนัก สิ่งที่ได้จากการแตกตัวของซูโครสด้วยความร้อนจะไปช่วยให้น้ำเชื่อมข้าวโพดหรืออินเวอร์ทซูการ์มีความสามารถป้องกันไม่ให้เกิดผลึกขึ้นในลูกกวาดชนิดแข็ง ถ้านำซูโครสแห้งมาตั้งไฟที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองแล้วเป็นสีน้ำตาล ในที่สุดจะกลายเป็นสีดำ ในระหว่างเกิดขบวนการนี้จะมีน้ำตาลโมเลกุลเดียวเกิดขึ้น เรียงตัวกันใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมา กรดน้ำตาลบางตัวจะมีเกิดขึ้นซึ่งจะไปช่วยกระตุ้นการสลายตัวของซูโครส โมเลกุลน้ำตาลจะสูญเสียน้ำไปเกิดน้ำตาลขาดน้ำในโมเลกุล (Sugar anhydrides) ซึ่งโมเลกุลของมันจะมาต่อกันได้ง่าย ถ้าแตกตัวต่อไปอีกจะเป็นผลให้เกิดสารประเภทแอลดีไฮด์ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ และไฮดรอกซีเมททิลเฟอฟิวรัล ซึ่งจะมีส่วนทำให้เกิดกลิ่นฉุนของน้ำตาลที่ต้มนานเกินไป ขั้นสุดท้ายในการต้มน้ำตาลนานเกินไปก็คือการถูกเผาไหม้จนกลายเป็นถ่านคาร์บอนและแล้วจะกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันอย่างชัดเจนว่า ในการทำลูกกวาดชนิดแข็ง ขบวนการแตกตัวนี้จะหยุดตรงจุดไหน อาจจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นช่วงใดช่วงหนึ่งในระยะเริ่มการเปลี่ยนแปลง แต่คงจะไม่ใช่ช่วงสุดท้าย ซึ่งจะทำให้ลูกกวาดถึงกับรับประทานไม่ได้

น้ำตาลเคี่ยวไหม้ที่เห็นเป็นสีเหลืองเมื่อน้ำตาลทรายได้รับความร้อน ไม่ว่าจะเป็นน้ำตาลเพียงชนิดเดียวหรือที่เติมน้ำเชื่อมข้าวโพด เช่น ในการทำถั่วตัด อาจจะประกอบด้วยน้ำตาลประเภทขาดน้ำในโมเลกุลและสารที่เกิดจากการมาต่อกันของโมเลกุลเหล่านั้น การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลทางเคมีอย่างลึกซึ้งเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นในการทำลูกกวาดชนิดเป็นก้อนอยู่ตัว (Caramels) เพราะลูกกวาดชนิดนี้มีความชื้นมากกว่าและใช้อุณหภูมิในการต้มต่ำกว่าพวกถั่วตัด คาราเมลนั้นคงจะได้ลักษณะสีและรสชาติมาจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากกลุ่มอะมิโนของโปรตีนในน้ำนม และกลุ่มแอลดีไฮด์ของน้ำตาลโมเลกุลเดียว ตัวน้ำตาลซูโครสเองไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ เพราะในโมเลกุลซูโครสไม่มีกลุ่มแอลดีไฮด์อิสระ

สูตรพื้นฐานในการผลิตนั้นมีความง่ายแต่จะต้องมีความระมัดระวังหรือเอาใจใส่ในขั้นตอนของการ เตรียม การผลิต และการบรรจุ หรือการเกิดผลึก และการดูดความชื้น เป็นอย่างมากในการผลิตลูกกวาดน้ำตาลเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เกิดผลึกอย่างรวดเร็วในขั้นตอนการทำให้เย็นได้โดยเฉพาะถ้ามีการคนร่วมด้วย การป้องกันการเกิดผลึกนั้นแต่เดิมจะใช้วิธีที่เรียกว่า "Doctoring" ซึ่งหมายถึงการเติมสารตั้งต้น (Substrate) ซึ่งเป็นปฏิภาคส่วนกลับของน้ำตาล สารตั้งต้น ที่นิยมใช้ ได้แก่ potasssium hydrogen tartrate หรือ cream of tartar โดยจะเติมลงไปในไซรัปขณะเริ่มทำการต้ม ปริมาณที่ใช้คือ 1 oz ต่อ 25 ปอนด์ (11.2 กก) ของไซรัป และต้มที่อุณหภูมิ 149 – 154 องศาเซลเซียส (เพื่อให้เกิดน้ำตาลอินเวอร์สอย่างเพียงพอ)

Doctoring เป็นขั้นตอนที่ไม่มีความแน่นอนและคุณภาพของน้ำตาลอินเวอร์สที่ได้ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการต้ม ความบริสุทธิ์ของน้ำตาล และความกระด้างของน้ำที่ใช้ในการละลายน้ำตาล ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยการใช้น้ำตาลอินเวอร์สหรือกลูโคสไซรัป โดยให้มีความข้นเหนียวมากพอ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ขึ้นอยู่กับการเติมน้ำตาลอินเวอร์สซึ่งจะให้ความแข็งมากกว่าการเติมกลูโคสไซ-รัปและกลูโคสแต่มีความหวานน้อยกว่า บางโรงงานแนะนำว่าเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีอาจใช้ครีมออฟทาร์ทาร์

สูตร , อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้าย จะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการตกผลึกของลูกอม ผลของผลึกน้ำตาลที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวเหนี่ยวนำที่ทำให้ลูกกวาดเกิดลักษณะที่ขุ่นมัว ชนิดของการตกผลึกของลูกกวาดมีทั้งแบบ น้ำตาลที่เหนียวเยิ้ม และอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติเฉพาะอย่างบาประการของผลิตภัณฑ์ลูกกวาด

ขณะที่สูตรในการผลิตมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งมีผลอย่างมากต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ปฏิกิริยา Inversion และ Caramelization ก็มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีดังนี้

โครงสร้างของผลึก (Microstructure)

ลูกกวาดมีลักษณะใสเหมือนแก้ว เกิดการเปลี่ยนแปลงความคงรูปจากสภาพ Completely amorphous ไปเป็น Crystalline state

สภาวะที่ทำให้เกิด Amorphous state นั้นเป็นผลมาจากการให้ความร้อนไซรัปที่มีความข้นหนืดสูงที่อุณหภูมิห้อง การเปลี่ยนแปลง Crystalline state จะทำให้เกิดการลดความหนืดโดยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือความชื้นเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้การเก็บที่อุณหภูมิสูงหรือสภาวะที่ชื้นจะทำให้เกิดผลึกขึ้นกับผลิตภัณฑ์

การเกิดผลึกและปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ (Graining and moisture content)

ลักษณะทางเคมี ลูกกวาดชนิดแข็งคือสารละลายที่มีความอิ่มตัวสูงที่มีความสมดุลกันเป็นอย่างดีและมีโมเลกุลของน้ำ น้ำตาลและคอร์นไซรัปที่กระจายตัวสม่ำเสมอในผลิตภัณฑ์ ถ้าภายในผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง ลูกกวาดจะไม่สามารถดูดความชื้นจนสามารถรบกวนสมดุลนี้ได้ ซึ่งถ้าหากมีการดูดความชื้นเกิดขึ้นจนรบกวนสมดุลจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเยิ้มเปียก (Wet grain)

ลักษณะเยิ้มเปียกนี้ เกิดขึ้นจากการใช้คอร์นไซรัปที่มี DE สูงเกินไป ในกรณีนี้เป็นเพราะว่าน้ำตาลถูกไฮโดรไลซ์มากเกินไปทำให้ลูกกวาดไม่สามารถกลับมาฟอร์มรูปเป็นผลึกได้

สิ่งที่ควรให้ความเอาใจใส่ในการป้องกันการตกผลึกในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ได้แก่

- ใช้สูตรที่ถูกต้อง
- ควรควบคุมวัตถุดิบที่ใช้ในสูตร
- ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตโดยเฉพาะในขั้นตอนการให้ความร้อน และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นไม่ควรเกินร้อยละ 1.5 - 2.0

เพื่อให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่ดีควรใช้กระบวนการผลิตแบบ Vacuum - cooking technique ซึ่งจะช่วยลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าหากใช้กระบวนการผลิตแบบอื่นๆ นอกจากการใช้กระบวนการผลิตแบบ Vacuum - cooking technique แล้ว สิ่งที่ควรระมัดระวัง คือ จำเป็นจะต้องผลิตที่อุณหภูมิช่วง 160 - 165.5 องศาเซลเซียส หรือ 320 - 330 องศาฟาเรนไฮด์ ซึ่งการใช้อุณหภูมิในการผลิตช่วงนี้จะยังคงช่วยรักษาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำ แต่ถ้าหากใช้อุณหภูมิที่ต่ำว่านี้เล็กน้อยคืออยู่ในช่วง 154.4 - 160 องศาเซลเซียส หรือ 310 - 320 องศาฟาเรนไฮด์ พบว่าน้ำตาลโดยเฉพาะกลูโคสไซรัปจะเริ่มเกิดปฏิกิริยาสี น้ำตาล (Caramelize) จะส่งผลให้เกิดผลเสียกับสีและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ซึ่งหากพบว่าเกิดปัญหานี้ขึ้นจริงผลิตภัณฑ์จะต้องถูกทำลายทิ้ง

เมื่อมีการใช้ระบบสุญญากาศในระหว่างกระบวนการผลิต อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำเชื่อมที่ออกมาจาก Cooker จะต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ผ่านกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมขณะทำการผลิตจะมีอุณหภูมิประมาณ 146.1 องศาเซลเซียสและเมื่อออกมาจากหม้อต้มเคี่ยวจะมีอุณหภูมิประมาณ 121.1 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมินี้เหมาะสมสำหรับการเติมกรดและกลิ่นลงไป เพราะที่อุณหภูมิสูง กรด เช่น ซิตริก มาลิก ทาร์ทาร์ลิก ในบางครั้งจะไปเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของ น้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าร้อยละ 3.5

การเกิดลักษณะขุ่นมัวเนื่องจากการเติมอากาศ (Air occlusions)

Vacuum cooking การนวด การเติมอากาศจะทำให้เกิดฟองอากาศทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันและยังมีผลต่อความเนียนเรียบของผลิตภัณฑ์

สารให้กลิ่น (Flavour substances)

สารให้กลิ่นเมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์แล้วเกิดการกระจายไม่ทั่วถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ไม่เนียนเรียบและไม่สม่ำเสมอกัน โดยเฉพาะกรดซิตริคซึ่งเป็นผลึกและไม่ละลายจะพบมากในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดแข็ง จุดหลอมเหลวของกรดซิตริคในรูปผลึกนั้นเท่ากับ 126 องศาเซลเซียสหรือในรูป Anhydrous เท่ากับ 153 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยให้สามารถกระจายในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยเฉพาะกรดที่อยู่ในรูปผลึกถ้ามีการใช้ความร้อนหรือน้ำช่วยในการละลายจะดียิ่งขึ้น ถ้ามีอนุภาคของกรดจะให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่พึงพอใจแก่ผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การดูดความชื้น (Absorption)

น้ำตาลที่ไม่อยู่ในรูปผลึกจะมีความเป็น Hygroscopicสูง ทำให้ความชื้นที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้นและจะไปเจือจางความเข้มข้นของน้ำตาลที่ผิวหน้าจากนั้นจะกลายเป็นผลึกและกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่จนในที่สุดจะกลายเป็นผลึกทั่วทั้งเม็ด ด้วยเหตุนี้การบรรจุลูกกวาดโดยทันทีภายหลังจากขึ้นรูปเรียบร้อยจึงมีความสำคัญมาก

ส่วนประกอบที่ใช้ (Composition)

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดส่วนใหญ่จะผลิตจากน้ำตาล กลูโคสไซรัป บางครั้งอาจใช้น้ำตาลอินเวอร์ส ในกรณีที่บางประเทศที่มีการปลูกอ้อยและหากลูโคสได้ยาก

อัตราส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับวิธีการในการต้ม Open – pan , Thin film หรือ vacuum อย่างไรก็ตามก็ยังขึ้นอยู่กับชนิดของกลูโคสที่ใช้ ตัวอย่างเช่น น้ำตาลอินเวิร์ตที่มีปริมาณกลูโคสน้อยจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียว มีความเป็น Hygroscopic ต่ำ และมีความหวานน้อย

ส่วนผสมอื่นๆ เช่น น้ำตาลจะแตกตัวได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล คือ เดกโตรส และฟรุคโตรส น้ำตาลฟรุคโตรสจะเป็นตัวที่ทำให้ลูกกวาดมีความสามารถเป็น Hygroscopic เพิ่มขึ้นและอาจจะทำให้ลูกกวาดมีความเหนียวถ้าทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

การใช้ระบบ Vacuum จะช่วยลดปฏิกิริยาInversion เพราะจะใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงและเวลาที่สั้นลง องค์ประกอบของกรดที่อยู่ในเศษที่นำกลับเข้าไปผสมกับ batch ต่อไป จะทำให้เกิด inversion ดังนั้นเศษลูกกวาดควรจะผ่านการละลาย ทำให้เป็นกลาง และไม่มีสีก่อนนำมาใช้

สี (Color)

การต้มที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลใส ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ Fruit drops , Clear mints และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน

ข้อผิดพลาดและปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลูกกวาดชนิดแข็ง

เป็นการสรุปถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ ลูกกวาดมีความเหนียว ซึ่งเกิดจากการดูดความชื้นจากบรรยากาศ มีสาเหตุมาจาก

1. มีน้ำตาลอินเวอร์สมากเกินไป
2. อุณหภูมิขณะทำการขึ้นรูปและการบรรจุสูงเกินไป ห้องบรรจุควรมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ ร้อยละ 45 หรือต่ำกว่านั้น ลูกกวาดควรบรรจุขณะผลิตภัณฑ์ยังอุ่นอยู่อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส
3. ภาชนะบรรจุไม่เหมาะสม ไม่สามารถป้องกันความชื้นได้
4. สภาวะบรรยากาศขณะที่วางขาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาเหตุของการเกิดการตกผลึกของน้ำตาล

1. สัดส่วนของ น้ำตาลและกลูโคสสูงเกินไป
2. ความชื้นสูงเกินไป
3. มีความชื้นขณะเก็บ
4. ขณะเก็บมีอุณหภูมิสูง

ถ้าขณะเก็บมีอุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ลูกกวาดนุ่มและอ่อนตัว ไม่คงรูป ซึ่งอาจจะกลายเป็นน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นมากกว่าที่จะสามารถเคลื่อนที่ได้และอาจจะกลายเป็นผลึก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3
จุดมุ่งหมายในการวิจัย

ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อทราบถึงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากสมุนไพรแต่ละชนิด
2. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด เพื่อใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง
3. พัฒนาสูตรการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งต่อการยอมรับของผู้บริโภค
4. ศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

การวางแผนการทดลอง

วิธีการทดลอง

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ทำการพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคขึ้นมา เพื่อเป็นการสร้างแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ตามความคิดของผู้บริโภคเป็นวิธีการหนึ่งในการกำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ โดยการนำหลักการของ Ideal Ratio Profile มาใช้

วิธีการของ Ideal Ratio Profile เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน เป็นวิธีการที่ใช้ผู้บริโภคแสดงความเข้มหรือความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนามีเค้าโครงลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับที่ผู้บริโภคต้องการ เค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการ (Ideal Ratio Profile) ควรได้รับการสร้างขึ้นมาเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนาได้ ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเค้าโครงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาดหรือผลิตภัณฑ์จากการทดลองผู้บริโภคอาจจะให้ Ideal Ratio Profile ที่ต่างกัน แต่ Ratio profile ที่ได้จาก ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคนนั้นสามารถนำมาใช้เป็นค่าความคิดผลิตภัณฑ์คงที่ (Fixed ideal) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์หรือทิศทางในการเปรียบเทียบต่อไป

ค่าคะแนนที่ผู้บริโภคแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละอย่างของผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาหารด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่า ดีที่สุดหรือดีเลิศ หรือ คะแนนที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค (Ideal) ซึ่งจะได้สัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคน นำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Ratio mean score) ที่ได้ของแต่ละลักษณะจะสามารถนำมาพิจารณาเปรียบเทียบได้ง่ายกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 ภาพรวมจากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะนี้เรียกว่า Numeric product profile ค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวสามารถจะแสดงเป็นรูปเค้าโครงลักษณะรูปวงกลมใยแมงมุม (Cyclic profile)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนี้ ใช้ผู้บริโภคจำนวน 10 คน เป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคคิดว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตราริโคล่าที่มีอยู่ในท้องตลาดเป็นตัวอย่างในการทดสอบ จากนั้นจึงทำการสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลักษณะรูปวงกลมใยแมงมุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

การสกัดน้ำมันหอมระเหย

นำพืชสมุนไพรมาล้างด้วยน้ำสะอาด คัดเลือกส่วนที่เน่าเสียหรือสิ่งปนเปื้อนออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการกลั่นแล้วนำไปทำการกลั่นโดยเร็วเพื่อลดการสูญเสียน้ำมันหอมระเหย เวลาที่ใช้ในการกลั่นจะใช้เวลาโดยประมาณ 3 – 5 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยและไอน้ำจะกลั่นตัวลงใน Condensing chamber เก็บนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ใส่ในขวดสีชาเพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากแสงแดด ความร้อน และออกซิเจน จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

การผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนั้นจะทำการผลิตในห้องที่มีการควบคุมความชื้น เพราะหากบริเวณที่ทำการผลิตมีปริมาณความชื้นที่สูงเกินไปจะส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์โดยจะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดความชื้นได้ง่ายและเร็วขึ้น การผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้งจะทำการผลิตในปริมาณ 300 กรัม เท่าๆ กันในทุกสิ่งทดลอง โดยเริ่มจากนำน้ำตาลทรายละลายในน้ำ อัตราส่วน (3 : 1) เติมกลูโคสไซรัป ให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ เท่ากับ 140 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 110 - 120 องศาเซลเซียส เติมสี เมนทอลและน้ำมันหอมระเหย คนจนเข้ากันแล้วเทลงพิมพ์ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว นำออกจากพิมพ์ ห่อด้วยกระดาษฟอยล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวางแผนการทดลอง

ในการวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ตอนที่ 1. ศึกษาปริมาณร้อยละของผลผลิตและการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

1.1 การศึกษาหาปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิด

พืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยมีทั้งหมด 9 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ บาล์ม เสจ ทายม์ คาโมมาย เจแปนนีสมินต์ ยูเอสเอมินต์ สเปียร์มินต์ และเปปเปอร์มินต์ ทำการสกัดโดยใช้วิธีการกลั่น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันกว้างขวางที่สุด จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) โดยเทียบกับน้ำหนักสมุนไพรสดที่ใช้ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

การศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

นำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่สกัดได้ตามข้อ 1.1 มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณโดยใช้เทคนิคทาง GC-MS

โดยน้ำมันหอมระเหยของ บาล์ม โรสแมรี่ สเปียร์มินต์ เปปเปอร์มินต์และทายม์จะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS (Shimadzu : Model GCMS -QP2000 , Japan) โดยกำหนดให้อุณหภูมิของเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอนเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส และใช้คอลัมน์ชนิด DB - 1 (ขนาด 30 x 0.2 มิลลิเมตร) ซึ่งฉาบด้วย เมททิลซิลิกอน (Methylsilicon) และใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา

สภาวะขณะปฏิบัติงาน โดยการฉีดสารตัวอย่างที่ระดับอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์จะตั้งโปรแกรมอยู่ที่ระหว่างระดับอุณหภูมิ 90 - 225 องศาเซลเซียส โดยในช่วงแรกจะทำการคงระดับของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 90 องศาเซลเซียส นานเป็นเวลา 3 นาที ในช่วงที่สองระดับของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเป็น 110 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที นานเป็นเวลา 1 นาที และในช่วงสุดท้ายจะเพิ่มอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 225 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

สำหรับน้ำมันหอมระเหยของ เสจ คาโมมาย ยูเอสเอมินต์ เจแปนนีสมินต์ และน้ำมันหอมระเหยผสมของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งก่อนเติมและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังเติมลงในผลิตภัณฑ์จะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟีใช้ของบริษัท Hewlett packgard รุ่น 5973 และเครื่องแมสสเปกโตรเมทรีใช้ของบริษัท Agilent รุ่น Agilent 6890 Series GC system โดยกำหนดให้อุณหภูมิของเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอนเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส และใช้คอลัมน์รุ่น HP 19091S - 433 (ขนาด 30 x 0.25 มิลลิเมตร) ซึ่งฉาบด้วย ฟีนิลเมททิลซิโลแซน ร้อยละ 5 (5% Phenyl Methyl Siloxane) และใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา

สภาวะขณะปฏิบัติงาน โดยการฉีดสารตัวอย่างที่ระดับอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์จะตั้งโปรแกรมอยู่ที่ระหว่างระดับอุณหภูมิ 80 - 240 องศาเซลเซียส โดยในช่วงแรกจะทำการคงระดับของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 80 องศาเซลเซียส นานเป็นเวลา 1 นาที ในช่วงที่สองระดับของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเป็น 120 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และในช่วงสุดท้ายจะเพิ่มอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 25 องศา -เซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

ตอนที่ 2. การหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เป็นที่ยอมรับและพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุดและแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

นำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่สกัดได้มาทำการทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีการดมกลิ่นแล้วจัดเรียงลำดับความชอบทางด้านกลิ่นของผู้บริโภคที่มีต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดทิศทางกำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในขั้นตอนต่อไป

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในแบบ Hedonic scale scoring test (ภาคผนวก ก) และในการทดสอบการดมกลิ่นจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 -15 คน ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ทดสอบจะบรรจุอยู่ในขวดแก้วใสมีฝาปิดขนาด 3 มิลลิลิตร ที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งได้จากตารางสุ่มตัวอย่าง และแจกกระดาษสำหรับทดสอบกลิ่น (Paper taster) ขนาด 0.5 * 5 เซนติเมตร แก่ผู้ทดสอบทุกคน นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix version 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การหาอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

การทดลองในข้อ 2.1 ทำให้สามารถทราบถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด จากนั้นจะกำหนดช่วงของปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมโดยอาศัยความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เป็นเกณฑ์ โดย น้ำมันหอมระเหยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุดจะถูกกำหนดให้ใช้ในระดับต่ำ (Low level) และน้ำมันหอมระเหยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะถูกกำหนดให้ใช้ในระดับสูง (High level)

นำช่วงที่กำหนดได้นั้นมาหาอัตราส่วนน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งแผนการทดลองแบบนี้จะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใดส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือร้อยละ 100 (ไพโรจน์ , 2536) และใช้โปรแกรม XVERT เพื่อช่วยในการกำหนดสิ่งทดลอง ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลมินต์ที่เหมาะสม

เนื่องจากสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองนี้มีจำนวนมากถึง 9 ชนิด และมี 4 ชนิด ที่เป็นพืชตระกูลมินต์ ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมของการทดลองและเป็นการลดจำนวนปัจจัยเพื่อกำหนดระบบให้มีขนาดเล็กลง จึงจำเป็นที่จะต้องทำการกำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์เสียก่อน โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2536) และใช้โปรแกรม XVERT เพื่อช่วยในการกำหนดสิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 สิ่งทดลอง Mixture Design ที่ประกอบด้วยพืชตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิด

ระดับ	สเปียร์มินต์	เจแปนนีสมินต์	ยูเอสเอมินต์	เปปเปอร์มินต์
ระดับต่ำ (ร้อยละ)	20	10	30	10
ระดับสูง (ร้อยละ)	40	30	50	40
สิ่งทดลองที่				
1	20	10	50	20
2	20	30	30	20
3	40	10	30	20
4	20	20	50	10
5	20	30	40	10
6	30	10	50	10
7	40	10	40	10
8	30	30	30	10
9	40	20	30	10

2.2.2 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

เมื่อได้อัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยพืชตระกูลมินต์ที่เหมาะสมจากข้อ 2.2.1 จากนั้นทำการหาอัตราส่วนของส่วนของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งต่อไป โดยอัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมนั้นจะประกอบไปด้วยน้ำมันหอมระเหยของ โรสแมรี่ เสจ ทายม์ บาล์ม คาโมมาย และน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชตระกูลมินต์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.2.1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2536) และใช้โปรแกรม XVERT เพื่อช่วยในการกำหนดสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 สิ่งทดลอง Mixture Design ที่ประกอบด้วยพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

ระดับ	โรสแมรี่	เสจ	บาล์ม	ทายม์	คาโมมาย	มินต์ทั้ง 4 ชนิด
ระดับต่ำ (ร้อยละ)	10	10	10	10	10	10
ระดับสูง (ร้อยละ)	20	30	30	40	40	50
สิ่งทดลองที่						
1	10	10	10	10	40	20
2	10	10	10	40	10	20
3	10	10	30	10	10	30
4	10	30	10	10	10	30
5	10	30	30	10	10	10
6	20	10	10	10	10	40
7	20	10	10	10	40	10
8	20	10	10	40	10	10
9	20	10	30	10	10	20
10	20	30	10	10	10	20
11	10	10	30	10	30	10
12	20	20	30	10	10	10

นำผลจากการทดลองที่ 2.2.1 และ 2.2.2 โดยทำการผสมน้ำมันหอมระเหยตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในแต่ละสิ่งทดลอง ทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในแต่ละสิ่งทดลองนั้นๆ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบการดมกลิ่นนี้จะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 - 15 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบจะบรรจุอยู่ในขวดแก้วใสมีฝาปิดขนาด 3 มิลลิลิตร ที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งได้จากตารางสุ่มตัวอย่าง และแจกกระดาษสำหรับทดสอบกลิ่น (Paper taster) ขนาด 0.5 * 5 เซนติเมตร แก่ผู้ทดสอบทุกคน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix version 4 และโปรแกรมเชิงเส้น POM ซึ่งทำให้ได้อัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง จากนั้นจึงนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง GC-MS เพื่อทราบปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยนั้น

3. ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อได้อัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งแล้ว ในการพัฒนาขั้นตอนนี้จึงเป็นการพัฒนาสูตรหรือสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยจะอาศัยแผนการทดลองแบบ Factorial experiment with 3 center points (ไพโรจน์, 2539) ในการกำหนดสูตรมีรายละเอียดดังนี้

สูตรลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ	50 – 70
กลูโคสไซรัป	ร้อยละ	30 – 50
น้ำมันหอมระเหย	ร้อยละ	0.1 – 0.3
เมนทอล	ร้อยละ	0.1 – 0.3
สีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%)	ร้อยละ	0.1 - 0.3

โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.1.1 การหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ได้แก่ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย โดยการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points จะมีทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดังนี้

กำหนดให้ ปัจจัย A คือ น้ำตาลทราย (กรัม) โดย

-1	แทน	ระดับต่ำ
0	แทน	จุดกึ่งกลาง
1	แทน	ระดับสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัย B คือ กลูโคสไซรัป (กรัม) โดย

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย C คือ น้ำมันหอมระเหย (มิลลิลิตร) โดย

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^3 Factorial experiment with 3 center point

สิ่งทดลองที่	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
1 (1)	-1	-1	-1
2 (a)	1	-1	-1
3 (b)	-1	1	-1
4 (ab)	1	1	-1
5 (c)	-1	-1	1
6 (ac)	1	-1	1
7 (bc)	-1	1	1
8 (abc)	1	1	1
9 (Cp1)	0	0	0
10 (Cp2)	0	0	0
11 (Cp3)	0	0	0

หมายเหตุ : ปัจจัย A คือ ปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิต

ระดับต่ำ ร้อยละ 50 กรัม

ระดับกลาง ร้อยละ 60 กรัม

ระดับสูง ร้อยละ 70 กรัม

ปัจจัย B คือ ปริมาณกลูโคสไซรัปที่ใช้ในการผลิต

ระดับต่ำ ร้อยละ 30 กรัม

ระดับกลาง ร้อยละ 40 กรัม

ระดับสูง ร้อยละ 50 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัย C คือ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการผลิต

ระดับต่ำ ร้อยละ 0.1 มิลลิลิตร

ระดับกลาง ร้อยละ 0.2 มิลลิลิตร

ระดับสูง ร้อยละ 0.3 มิลลิลิตร

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ ที่เหลือในสูตรคงที่ ซึ่งก็คือ สีเขียว (บริลเลียนท์บลูเอฟซีเอฟ 0.5%) ร้อยละ 0.1 และเมนทอล ร้อยละ 0.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical analysis)

- ค่าสีโดยใช้ Color Quest II , Hunter Associates Laboratories Inc , USA.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical analysis)

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box, Novasina : AWC 200 , Switzerland
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณเถ้าซัลเฟต ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ตามวิธีของ Pearson , 1981

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- โดยใช้ Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 - 15 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบจะบรรจุในถุงพลาสติกใสที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มได้จากตารางสุ่มตัวอย่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic analysis)

- โดยใช้โปรแกรม Statistix version 4 , Sigmaplot 2000 และ Microsoft Excel 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 การหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยรองที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

วัตถุดิบรองที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ได้แก่ สีเขียว และเมนทอล โดยการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points จะมีทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง ดังนี้

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ สีเขียว (มิลลิลิตร)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ เมนทอล (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experiment with 3 center points

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
(1)	-1	-1
a	+1	-1
b	-1	+1
ab	+1	+1
Cp1	0	0
Cp2	0	0
Cp3	0	0

หมายเหตุ ปัจจัย A คือ ปริมาณสีเขียวที่ใช้ในการผลิต

ระดับต่ำ ร้อยละ 0.1 มิลลิลิตร

ระดับกลาง ร้อยละ 0.2 มิลลิลิตร

ระดับสูง ร้อยละ 0.3 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัย B คือ ปริมาณเมนทอลที่ใช้ในการผลิต

ระดับต่ำ	ร้อยละ 0.1 กรัม
ระดับกลาง	ร้อยละ 0.2 กรัม
ระดับสูง	ร้อยละ 0.3 กรัม

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยกำหนดให้ใช้ส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งก็คือ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย ตามอัตราส่วนที่ได้ทำการพัฒนาแล้วตามการทดลองที่3.1.1นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical analysis)

- ค่าสีโดยใช้ Color Quest II , Hunter Associates Laboratories Inc , USA.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical analysis)

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box, Novasina : AWC 200 , Switzerland
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณเถ้าซัลเฟต ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ตามวิธีของ Pearson , 1981

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- โดยใช้ Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 - 15 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบจะบรรจุในถุงพลาสติกใสที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มได้จากตารางสุ่มตัวอย่าง ลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic analysis)

- โดยใช้โปรแกรม Statistix version 4 , Sigmaplot 2000 และ Microsoft Excel 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 4 การศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อได้สูตรการผลิตลูกกวาดสมุนไพรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคแล้ว การทดลองในขั้นนี้จะทำการทดลองเพื่อหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต

โดยการวางแผนการทดลอง แบบ Completely Randomized Design (สุรพล, 2536) ซึ่งจะมี ทั้งหมด 3 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลอง	อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง (องศาเซลเซียส)
1	140
2	150
3	160

หมายเหตุ : ทุกสิ่งทดลองจะทำการทดลองซ้ำอย่างละ 3 ซ้ำ

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยส่วนผสมที่ใช้ ได้แก่ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป น้ำมันหอมระเหย สีเขียว และเมนทอล ตามอัตราส่วนที่ได้ทำการพัฒนาแล้วในการทดลองที่ 3.1.1 และ การทดลองที่ 3.1.2 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical analysis)

- ค่าสีโดยใช้ Color Quest II , Hunter Associates Laboratories Inc , USA.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical analysis)

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box, Novasina : AWC 200 , Switzerland
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณเถ้าซัลเฟต ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ตามวิธีของ Pearson , 1981

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- โดยใช้ Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 - 15 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบจะบรรจุในถุงพลาสติกใสที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มได้จากตารางสุ่มตัวอย่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic analysis)

- โดยใช้โปรแกรม Statistix version 4

ตอนที่ 5 การผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมที่ผ่านกระบวนการพัฒนามาแล้วในขั้นตอนที่ 1 2 3 และ4

5.1 ทำการสรุปสูตรที่ใช้ผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 และ 3

5.2 ทำการสรุปกรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมจากตอนที่ 4

5.3 ทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิต จากข้อ 5.1 และ 5.2 และทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านกายภาพ เคมี และด้านจุลินทรีย์ตลอดจนทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผลปรากฏ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical analysis)

- ค่าสีโดยใช้ Color Quest II , Hunter Associates Laboratories Inc , USA.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical analysis)

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box, Novasina : AWC 200 , Switzerland
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugars) ตามวิธีของ AOAC , 1995
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณเถ้าซัลเฟต ตามวิธีของ AOAC , 1995

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ตามวิธีของ Pearson , 1981
- ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยหลังจากเติมลงในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง โดยการนำผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรมาละลายน้ำแล้วนำไปกลั่น โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยแล้วนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปทดสอบหาปริมาณและองค์ประกอบ โดยเทคนิคทาง GC-MS , Shimazu : Model GCMS QP2000 , Japan

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- โดยใช้ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 - 15 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบจะบรรจุในถุงพลาสติกใส ลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา (Microbial analysis)

- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) โดยวิธี Pour plate (เรณู , 2537)
- เชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธีการ Pour plate (เรณู, 2537)
- *E. coli* และ Coliform (เรณู, 2537)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic analysis)

- โดยใช้โปรแกรม Statistix version 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งด้วยวิธี Ideal ratio profile test โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ในการกำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญ โดยใช้แบบทดสอบชิมดังภาคผนวก ข รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น สี
	ผู้บริโภค 7 คน บอกว่าควรเป็น ความใส
2.กลิ่นและรสชาติ	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น รสเย็น
	ผู้บริโภค 9 คน บอกว่าควรเป็น ความหวาน
	ผู้บริโภค 7 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นสมุนไพร
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส	ผู้บริโภค 8 คน บอกว่าควรเป็น ความแข็ง
	ผู้บริโภค 3 คน บอกว่าควรเป็น การละลาย

ข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ประมวลจากผู้บริโภค ได้แก่

1. สีของผลิตภัณฑ์
2. ผลิตภัณฑ์ควรมีรสเย็น
3. ผลิตภัณฑ์ควรมีรสหวาน
4. ความแข็งของผลิตภัณฑ์
5. ความใสของผลิตภัณฑ์
6. ผลิตภัณฑ์ควรมีกลิ่นสมุนไพร
7. การละลายของผลิตภัณฑ์ (เนื่องจากผู้ทำการทดลองเห็นว่าการละลายเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งจึงคงเอาไว้ ถึงแม้ว่าผู้บริโภคส่วนน้อยเท่านั้นที่ถือว่าเป็น คุณลักษณะที่สำคัญ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเค้าโครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำโดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

การแปลความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกันหรือพ้องกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะ ตัดสินใจดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จากการออกแบบสอบถาม Ideal ratio profile กับผู้บริโภค 10 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

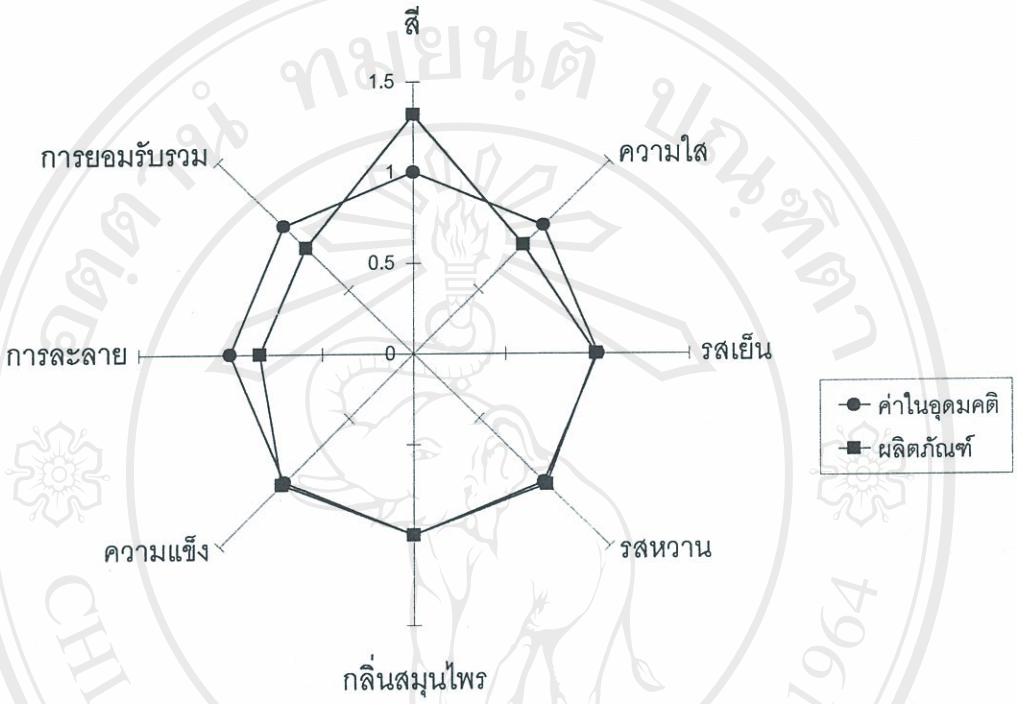
ตารางที่ 5.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	Ideal		Sample		Ratio (S/I)	
	X (cm)	SD	X (cm)	SD	X (cm)	SD
ลักษณะปรากฏ						
- สี	7.08	1.60	5.69	1.90	1.32	0.37
- ความใส	5.62	1.63	6.61	1.20	0.85	0.16
กลิ่นและรสชาติ						
- รสเย็น	5.95	1.24	5.97	1.05	0.99	0.08
- รสหวาน	5.17	1.66	5.05	1.44	1.02	0.13
- กลิ่นสมุนไพร	6.79	1.65	6.71	1.08	1.00	0.14
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
- ความแข็ง	7.33	1.33	7.21	1.27	1.02	0.05
- การละลาย	6.13	2.2	7.17	0.65	0.84	0.25
4. การยอมรับรวม	8.33	0.76	10.00	0.00	0.83	0.08

ตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าลักษณะของความใส รสเย็น การละลาย และการยอมรับรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.85 ± 0.16 0.99 ± 0.08 0.84 ± 0.25 และ 0.83 ± 0.08 แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 4 ด้านเพิ่มขึ้น ลักษณะทางด้านสี รสหวาน และความแข็งมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.32 ± 0.37 1.02 ± 0.13 และ 1.02 ± 0.05 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 3 ด้านนี้ให้ลดน้อยลง ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นสมุนไพรจะเห็นว่ามีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 ± 0.14 ซึ่งหมายความว่า ลักษณะนี้เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดม-คติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกลักษณะแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นต่อลักษณะต่างๆ แตกต่างกันบ้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อประมวลลักษณะที่สำคัญที่ได้จากการสอบถามผู้บริโภคแล้ว จะนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยในแต่ละลักษณะและค่าอุดมคติซึ่งเป็นเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 มาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม (Profile) ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 กราฟเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1 ผลการศึกษาปริมาณร้อยละของผลผลิตขององค์ประกอบและปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ทั้ง 9 ชนิด

5.2 ผลการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ขั้นตอนที่ 5.1 และ 5.2 ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วในปีงบประมาณ พ.ศ. 2543 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

การศึกษาปริมาณร้อยละของผลได้ (% yield) ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด พบว่า พืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด มีปริมาณร้อยละของผลได้ (% yield) ดังนี้ โรสแมรี่ ร้อยละ 0.4 บาล์ม ร้อยละ 0.12 คาโมมาย ร้อยละ 0.09 ทายม์ ร้อยละ 0.38 เสจ ร้อยละ 0.37 ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 0.31 สเปียร์มินต์ ร้อยละ 0.35 เปปเปอร์มินต์ ร้อยละ 0.15 และเจแปน-นีสมินต์ ร้อยละ 0.47

สำหรับองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด พบว่า โรสแมรี่ ประกอบด้วย α - Pinene , Borneol, และ 2 - Bornanone บาล์ม พบว่า ประกอบด้วย Citral a , Citral b , Citronellal , และ Menthol ทายม์ ประกอบด้วย Thymol , Citral, Octanone และ Octanol คาโมมาย พบว่า ประกอบด้วย Bisabolol oxide A , Bisabolone oxide , Bisabolone oxide B เสจ พบว่า ประกอบด้วย α - Thujone , Camphor , β - Thujone เปปเปอร์มินต์ พบว่า ประกอบด้วย Limonene , Carvone , Menthol สเปียร์มินต์ พบว่า ประกอบด้วย Carvone , Limonene , Menthol เจแปนนีสมินต์ พบว่า ประกอบด้วย L - Limonene , L - Menthone , Menthone และยูเอสเอมินต์ พบว่า ประกอบด้วย L - Menthone , Menthonfuran , Menthol

เมื่อศึกษาถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับกลิ่นของ ยูเอสเอมินต์ มากที่สุด รองลงมาคือ สเปียร์มินต์ เปปเปอร์มินต์ ทายม์ เจแปน-นีสมินต์ คาโมมาย เสจ บาล์ม และ โรสแมรี่ ตามลำดับ จากการศึกษาถึงอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิด พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดจะประกอบไปด้วย สเปียร์มินต์ ร้อยละ 0.27 เปปเปอร์มินต์ ร้อยละ 0.16 ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 0.38 และ เจแปนนีสมินต์ ร้อยละ 0.23 และอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งมากที่สุด พบว่าจะประกอบไปด้วย โรสแมรี่ ร้อยละ 0.18 เสจ ร้อยละ 0.12 บาล์ม ร้อยละ 0.16 ทายม์ ร้อยละ 0.21 คาโมมาย ร้อยละ 0.12 และพืชตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิดรวมกัน ร้อยละ 0.21 จากการนำน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งไปทำการวิเคราะห์โดยใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เทคนิคทาง GCMS เพื่อทราบปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยผสมนั้นก่อนที่จะใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ พบว่าจะประกอบไปด้วย Geraniol , Bisabolol oxide A , Geranial เป็นองค์ประกอบหลัก

5.3 ผลการศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

5.3.1 ผลการทดลองหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ในการทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยผสมจากสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ในการทดลองนี้จะเป็นการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักดังกล่าว ได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมที่ได้จากการทดลองที่ 5.2 เมื่อทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ในสิ่งทดลองครบทุก 11 สิ่งทดลอง โดยกำหนดให้ปริมาณของเมนทอล และสีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%) ซึ่งเป็นปัจจัยรอง คงที่ในทุกสิ่งทดลอง จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลแสดงดังตารางที่ 5.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตจากการใช้ระดับของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (1)	70.28 ± 1.01*	- 32.04 ± 0.38	38.79 ± 0.34
2 (a)	72.71 ± 3.38	- 28.69 ± 0.39	37.29 ± 0.74
3 (b)	70.55 ± 0.87	- 31.63 ± 0.43	38.54 ± 0.42
4 (ab)	73.78 ± 1.19	- 28.63 ± 0.78	38.06 ± 0.83
5 (c)	71.53 ± 0.97	- 30.50 ± 0.12	37.92 ± 0.35
6 (ac)	70.74 ± 0.33	- 28.66 ± 0.14	36.59 ± 0.33
7 (bc)	70.07 ± 2.19	- 28.89 ± 0.94	36.72 ± 0.34
8 (abc)	73.65 ± 1.63	- 26.32 ± 0.94	35.47 ± 1.03
9 (Cp1)	66.55 ± 0.51	- 29.32 ± 1.33	35.83 ± 1.14
10 (Cp2)	71.29 ± 0.92	- 29.90 ± 2.46	37.47 ± 1.77
11 (Cp3)	71.80 ± 1.13	- 30.98 ± 0.49	38.24 ± 0.55

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

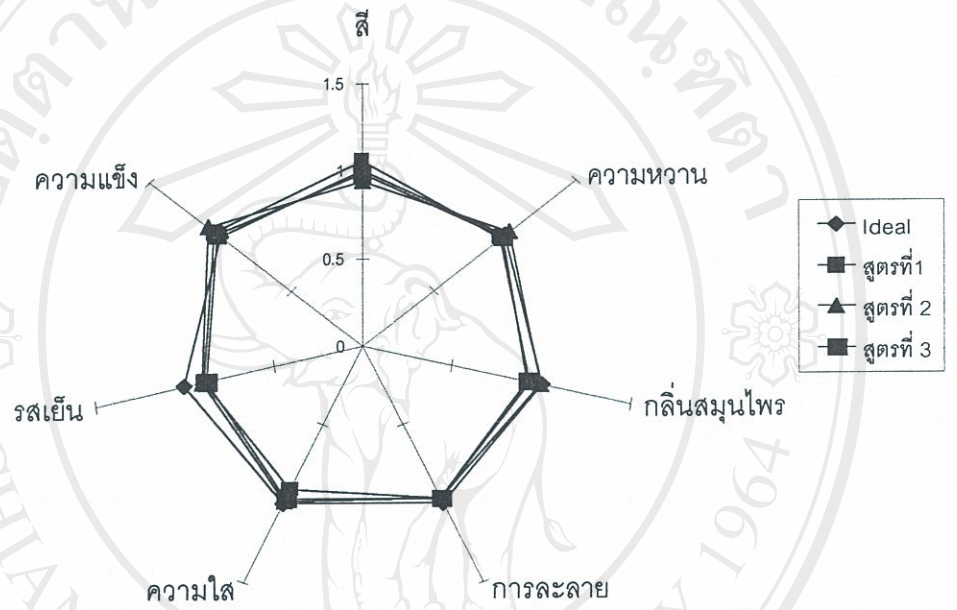
ตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นถึงค่าทางกายภาพที่ได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 66.55 - 73.78 จากการพิจารณาพบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี L สูงสุดจะมีสัดส่วนของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปในระดับสูงคือ ร้อยละ 70 และ50 ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า น้ำตาลและกลูโคสไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมาก เมื่อนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง โดยใช้สัดส่วนในอัตราที่สูงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างสูงตามไปด้วย สำหรับค่าสี a* (สีแดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-26.32) - (-32.04) ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง 35.47 - 38.79 จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่มีค่า สี a* (สีเขียว) และค่าสี b* (สีเหลือง) สูงสุดจะประกอบด้วยสัดส่วนของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 50 30 และ 0.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3 แสดงถึงค่าทางเคมีของสิ่งทดลองทั้ง 11 สิ่งทดลอง ซึ่งพบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ได้อยู่ในช่วง 0.15 - 0.17 ความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.75 - 5.44 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 86.86 - 95.50 ปริมาณเถ้าซัลเฟต มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.06 - 0.26 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03 - 0.46 ปริมาณ

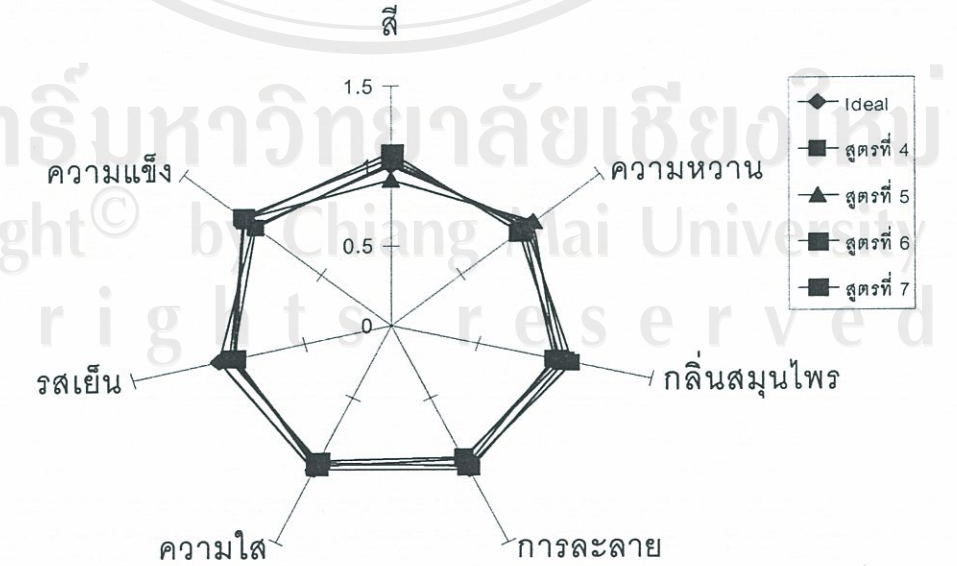
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.37 - 18.30 ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 52.42 - 69.16 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.07 - 79.53

ตารางที่ 5.4 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุกสิ่งทดลองมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม โดยสร้างเป็น 3 ภาพ เพื่อง่ายต่อการพิจารณาและเพื่อการเปรียบเทียบ ดังแสดงในภาพที่ 5.2 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

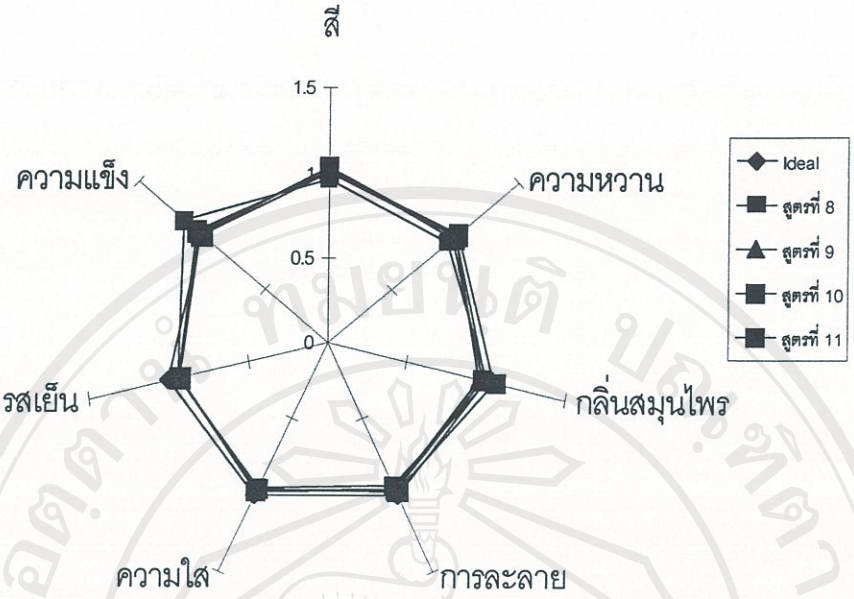


ภาพที่ 5.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 1 - 3 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม



ภาพที่ 5.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 4 - 7 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.4 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 8 - 11 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับปริมาณส่วนผสม (น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย) ที่เติมลงไป พบว่า ระดับการใช้น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงในรูปสมการ (Code equation) ดังแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 สมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	57.7167 + 1.8179(น้ำตาล) - 5.5371(กลูโคสไซรัป) - 1.6054 (น้ำตาล)(กลูโคสไซรัป) + 2.1579 (กลูโคสไซรัป)^2	95.60
รสเย็น	0.9267 + 0.0063 (กลูโคสไซรัป) + 0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอระเหย) +0.01625 (น้ำมันหอมระเหย) - 0.0179 (กลูโคสไซรัป)^2	86.98
ความแข็ง	1.0233 + 0.0338 (น้ำตาล) + 0.0138 (กลูโคสไซรัป) + 0.0113 (น้ำตาล) (น้ำมันหอมระเหย) + 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย) + 0.0354 (กลูโคสไซรัป)^2	90.43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษากับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและทางด้านประสาทสัมผัส ค่า R^2 จะบ่งบอกถึง ความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 สมการถอดรหัสของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	57.7167 + 1.81788(น้ำตาล) - 5.53712(กลูโคสไซรัป) - 1.6054 (น้ำตาล) (กลูโคสไซรัป) + 2.1579 (กลูโคสไซรัป)^2	95.60
รสเย็น	0.9392 - 0.0011 (กลูโคสไซรัป) - 0.1875(น้ำมันหอระเหย) +0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย)	86.98
ความแข็ง	1.0757 + 0.0034 (น้ำตาล) - 0.0029 (กลูโคสไซรัป) - 2.2668 (น้ำมันหอมระเหย)+ 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย) + 3.542 (น้ำมันหอมระเหย)^2	90.43

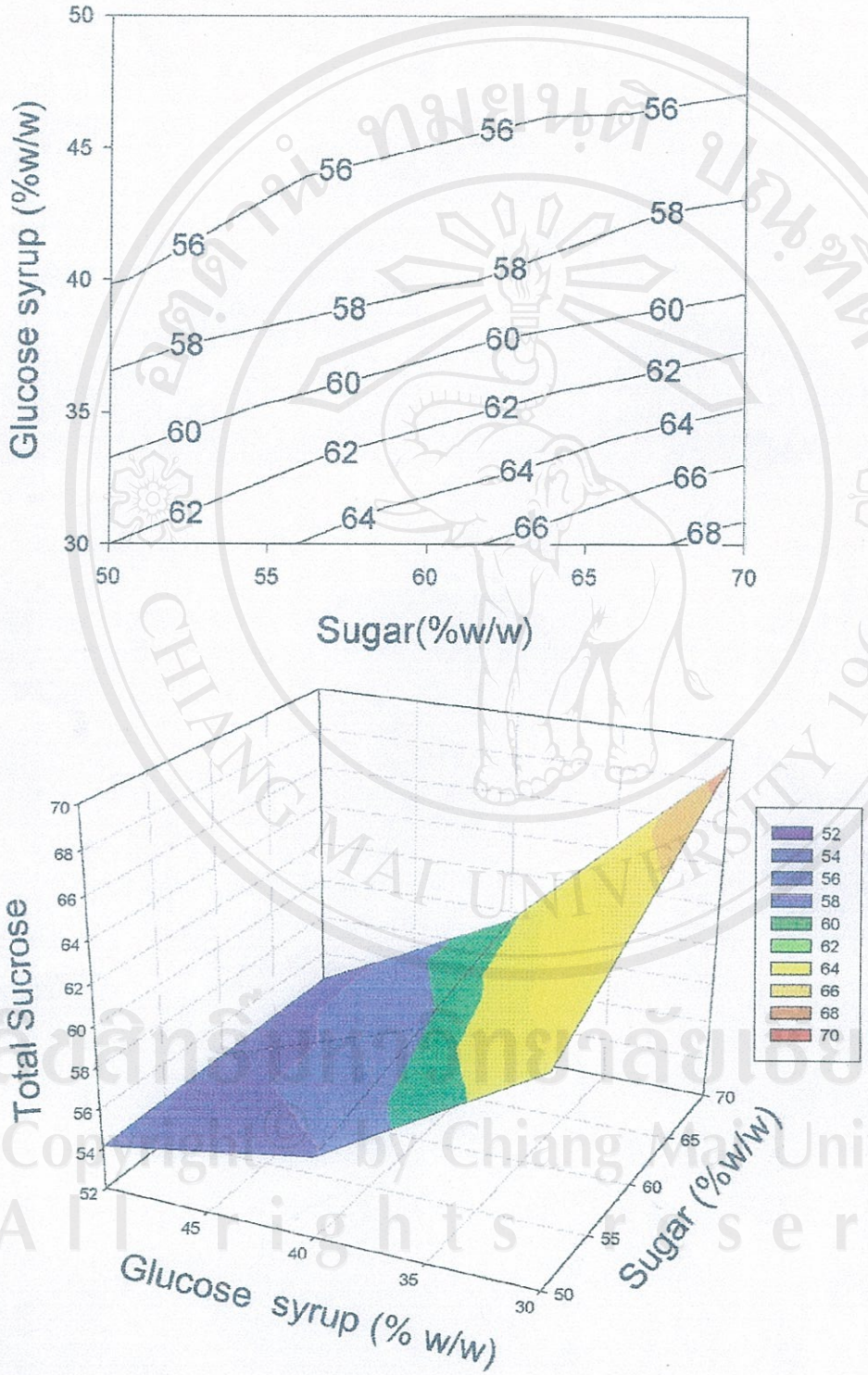
ตารางที่ 5.6 พบว่า คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ ปริมาณน้ำตาลซูโครสขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลและปริมาณกลูโคสไซรัปที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่าง น้ำตาลและกลูโคสไซรัป จากการทดลองพบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 70 และกลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 30 จะให้ค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงสุดเท่ากับ 69.16 $\pm$ 0.53 และการตอบสนองของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสเมื่อใช้น้ำตาลและกลูโคสไซรัปในปริมาณที่ เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.5

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ รสเย็น พบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณกลูโคสไซรัปและ น้ำมันหอมระเหยที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย จากการทดลองพบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) และการตอบสนองของรสเย็นเมื่อใช้กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 5.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

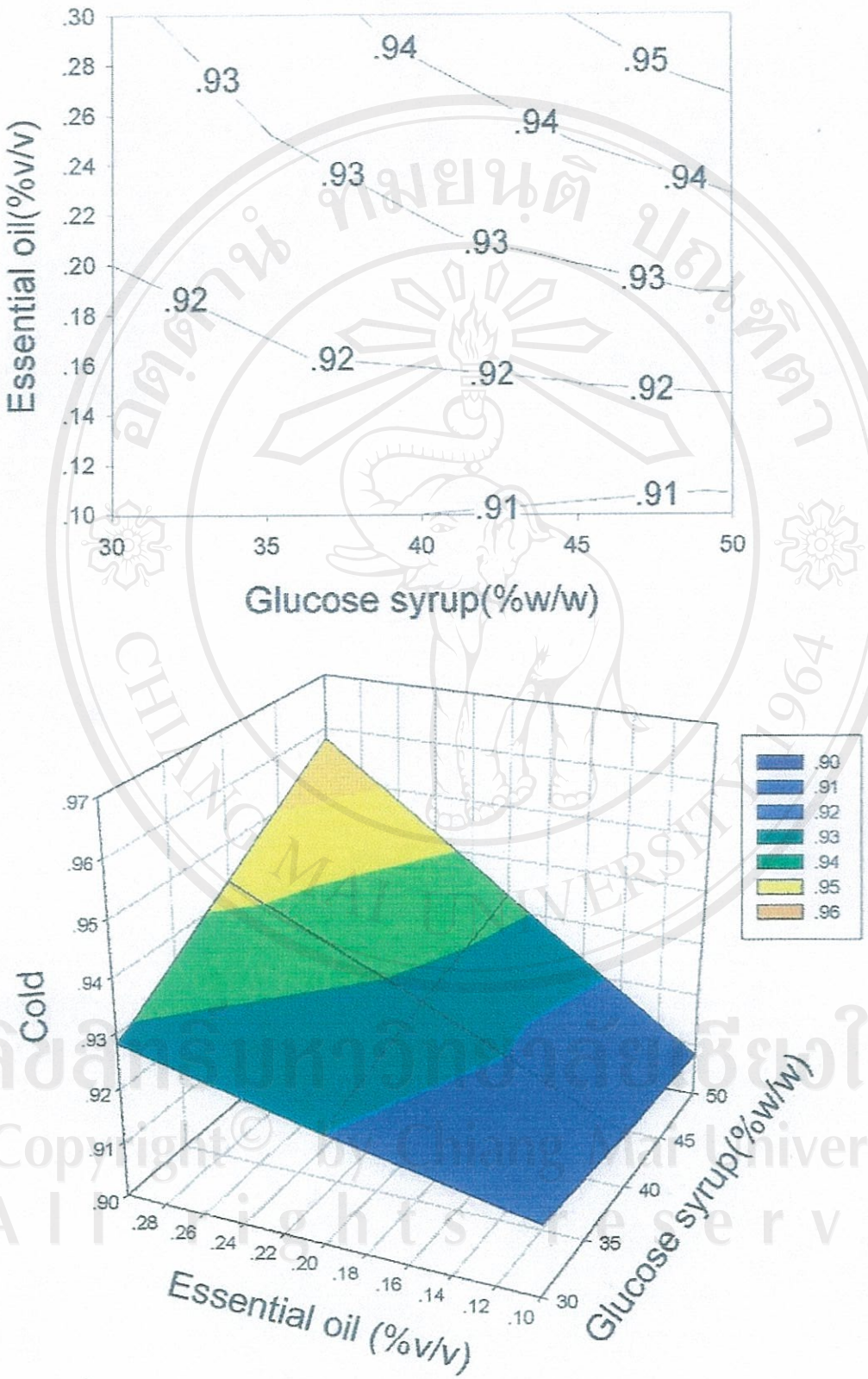
ความแข็ง พบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย จากการทดลอง พบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 50 กลูโคสที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.5 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสทั้งหมดเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้น้ำตาลและกลูโคสไซรัป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.6 กราฟพื้นที่การตอบสนองของลักษณะรสเย็นเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้กลูโคลไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย ซึ่งทำได้โดยการนำระดับของปริมาณการใช้น้ำตาลกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยในช่วงที่ทำการศึกษาแทนค่าลงในสมการที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว เพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้น้ำตาลกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

รสเย็น = 0.9392 - 0.0011 (กลูโคสไซรัป) - 0.1875(น้ำมันหอระเหย) R^2 = 86.98%
+ 0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย)

แทนค่า f (กลูโคสไซรัป, น้ำมันหอมระเหย) ได้ผลดังนี้

f(30,0.1)	=	0.91
f(30,0.3)	=	0.93
f(40,0.2)	=	0.93
f(50,0.1)	=	0.91
f(50,0.3)	=	0.96

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพทางด้านรสเย็น พบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่า เท่ากับ 0.96

ความแข็ง = 1.0757 + 0.0034 (น้ำตาล) - 0.0029 (กลูโคสไซรัป) R^2 = 90.43%
- 2.2668 (น้ำมันหอมระเหย) + 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย) + 3.542 (น้ำมันหอมระเหย)^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แทนค่า f (น้ำตาล, กลูโคสไซรัป, น้ำมันหอมระเหย) ได้ผลดังนี้

f (50,30,0.1) = 1.03
f (50,30,0.3) = 0.99
f (50,50,0.1) = 1.00
f (50,50,0.3) = 1.06
f (60,40,0.2) = 1.02
f (70,30,0.1) = 1.10
f (70,30,0.3) = 1.06
f (70,50,0.1) = 1.09
f (70,50,0.3) = 1.13

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพทางด้านความแข็ง พบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 50 กลูโคสไซรัปที่ระดับร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.00

นำปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดที่ได้ในทุกลักษณะมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะ	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	น้ำตาล	กลูโคสไซรัป	น้ำมันหอมระเหย
รสเย็น	50	50	0.3
ความแข็ง	50	50	0.1
ค่าเฉลี่ย	**50**	**50**	**0.2**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นได้ว่า ระดับของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง คือ ร้อยละ 50 สำหรับน้ำมันหอมระเหยนั้นสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 แต่ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทำการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ที่ระดับของค่าเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 0.2

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับการใช้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในระดับเปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำตาล	ควรใช้ที่ระดับ	ร้อยละ 50
กลูโคสไซรัป	ควรใช้ที่ระดับ	ร้อยละ 50
น้ำมันหอมระเหย	ควรใช้ที่ระดับ	ร้อยละ 0.2

5.3.2 ผลการทดลองในการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยรองต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อทราบสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมที่เป็นปัจจัยหลักจากการทดลองที่ผ่านมา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยรอง อันประกอบด้วย เมนทอล และสีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%) เมื่อทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ในสิ่งทดลองครบทั้ง 7 สิ่งทดลอง โดยกำหนดให้ใช้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในสัดส่วนที่ผ่านการพัฒนามาแล้วในขั้นตอนที่ผ่านมา โดยกำหนดให้ใช้ในอัตราส่วนที่คงที่ในทุกสิ่งทดลอง จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.8 5.9 และ 5.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับการ ใช้ เมนทอล และสีเขียวในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (1)	64.38 ± 1.07*	- 23.38 ± 0.88	35.54 ± 0.33
2 (a)	63.41 ± 1.26	- 23.49 ± 0.49	36.23 ± 0.33
3 (b)	49.75 ± 1.54	- 34.67 ± 0.88	32.59 ± 0.51
4 (ab)	50.92± 0.85	- 36.69 ± 0.59	32.64 ± 0.28
5 (Cp_1)	58.15 ± 1.64	- 32.61 ± 1.05	35.74 ± 0.54
6 (Cp_2)	56.41 ± 1.30	- 33.41 ± 0.64	36.05 ± 0.34
7 (Cp_3)	58.39 ± 1.02	- 34.06 ± 0.77	36.48 ± 0.28

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

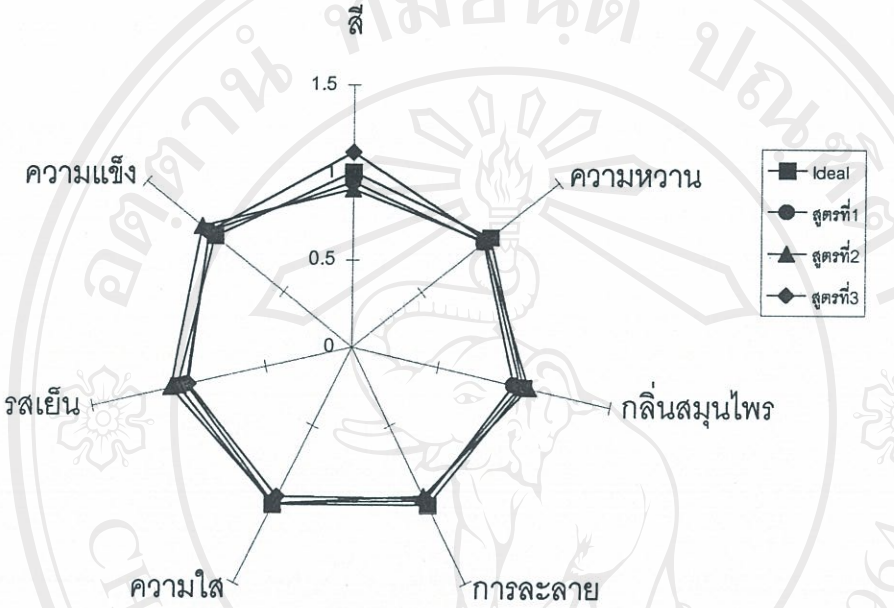
1. (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นถึงค่าทางกายภาพที่ได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรระดับของเมนทอลและสีเขียว ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 49.75 - 64.3.8 ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างสูงสุด จะมีปริมาณของสีเขียวและเมนทอลที่เติมลงไปอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 0.1 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก ค่าสี a* (แดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-23.38) - (-36.69) พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี a* สูงสุด หรือมีสีเขียวมาก จะมีปริมาณของเมนทอลและสีเขียวอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 0.3 ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง 32.59 - 36.48 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี b* สูงสุดหรือมีสีเหลือง จะประกอบด้วยสัดส่วนของเมนทอลและสีเขียวที่ใช้ในระดับกลาง คือ ร้อยละ 0.2 ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมอาจกล่าวได้ว่าปริมาณ เมนทอล และสีเขียวที่เติมลงไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีดังกล่าว

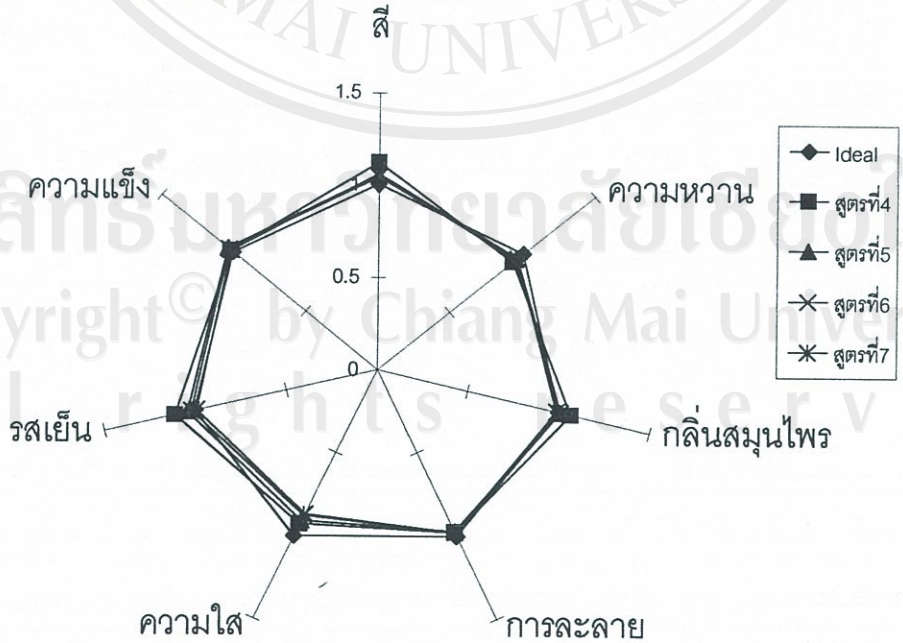
ตารางที่ 5.9 แสดงถึงค่าทางเคมีของสิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลอง ซึ่งพบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ได้อยู่ในช่วง 0.14 - 0.15 ความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.63 - 4.89 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 90.09 - 92.86 และปริมาณเถ้าซัลเฟต มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 - 0.32 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.02 - 0.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 17.30 - 17.74 ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.52 - 54.28 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.88 - 71.75

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.10 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุก สิ่งทดลองจะถูกนำมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม โดยสร้างเป็น 2 ภาพ เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาและเปรียบเทียบ ผลแสดงดังภาพที่ 5.17 และ 5.18



ภาพที่ 5.7 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 1 - 3 เมื่อทำการผันแปรระดับของเมนทอล และสีเขียว



ภาพที่ 5.8 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 4 - 7 เมื่อทำการผันแปรระดับของเมนทอล และสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple Regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับปริมาณส่วนผสม (เมนทอล และสีเขียว) ที่เติมลงไป พบว่า ระดับการใช้เมนทอล และสีเขียวในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการ (Code equation) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 สมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของเมนทอล และ สีเขียว

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ค่าสี L	57.34 - 6.78(สีเขียว)	97.46
ค่าสี a*	-33.36 - 6.1225(สีเขียว) + 3.8025(เมนทอล)^2	97.38
ค่าสี b*	36.09 - 1.845(สีเขียว) - 1.64(เมนทอล)^2	95.49
ความใส	0.88667 - 0.025(สีเขียว) + 0.0783 (เมนทอล)^2	88.64
สี	1.05 + 0.0975(สีเขียว) + 0.0125(เมนทอล)(สีเขียว) - (เมนทอล)^2	97.92
กลิ่นสมุนไพร	1.0043 + 0.045(เมนทอล) + 0.02(สีเขียว)	95.92
การละลาย	0.9767 + 0.0075(เมนทอล) + 0.0125(เมนทอล)(สีเขียว) - 0.0142(เมนทอล)^2	85.74
ความหวาน	0.9543 - 0.0075(เมนทอล) - 0.0125(เมนทอล)	81.25

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษากับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและด้านประสาทสัมผัส ค่าR^2 จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 5.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

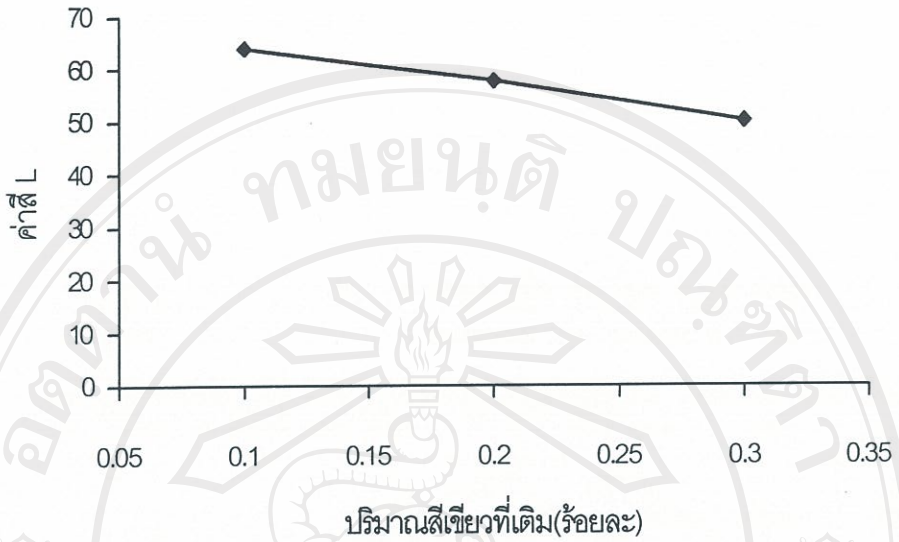
ตารางที่ 5.12 สมการถอดรหัสของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ค่าสี L	70.9043 - 67.8 (สีเขียว)	97.46
ค่าสี a*	-5.905 - 6.1225(สีเขียว) + 3.8025(เมนทอล)^2	97.38
ค่าสี b*	36.09 - 1.845(สีเขียว) - 1.64(เมนทอล)^2	95.49
ความใส	1.2499 - 0.25(สีเขียว) - 3.1332(เมนทอล) + 7.833 (เมนทอล)^2	88.64
สี	1.225 - 1.2(เมนทอล) - 1.525(สีเขียว) + 12.5(เมนทอล)(สีเขียว) - 3.2(เมนทอล)^2	97.92
กลิ่นสมุนไพร	0.8743 + 0.45(เมนทอล) + 0.2(สีเขียว)	95.92
การละลาย	0.95499 + 0.3168(เมนทอล) - 0.175(สีเขียว)+ 0.125(เมนทอล)(สีเขียว) - 1.417(เมนทอล)^2	85.74
ความหวาน	0.9043 + 0.25(เมนทอล) + 0.25(สีเขียว) - 1.25(เมนทอล)(สีเขียว)	81.25

ตารางที่ 5.12 พบว่า สมการค่าสี L และกลิ่นสมุนไพร อยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) แสดงว่า ค่าสี L มีความสัมพันธ์กับปริมาณสีเขียวที่เติมลงไปเป็นแบบเส้นตรง ส่วนกลิ่นสมุนไพร พบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่เติมลงไปเป็นแบบเส้นตรงเช่นกัน

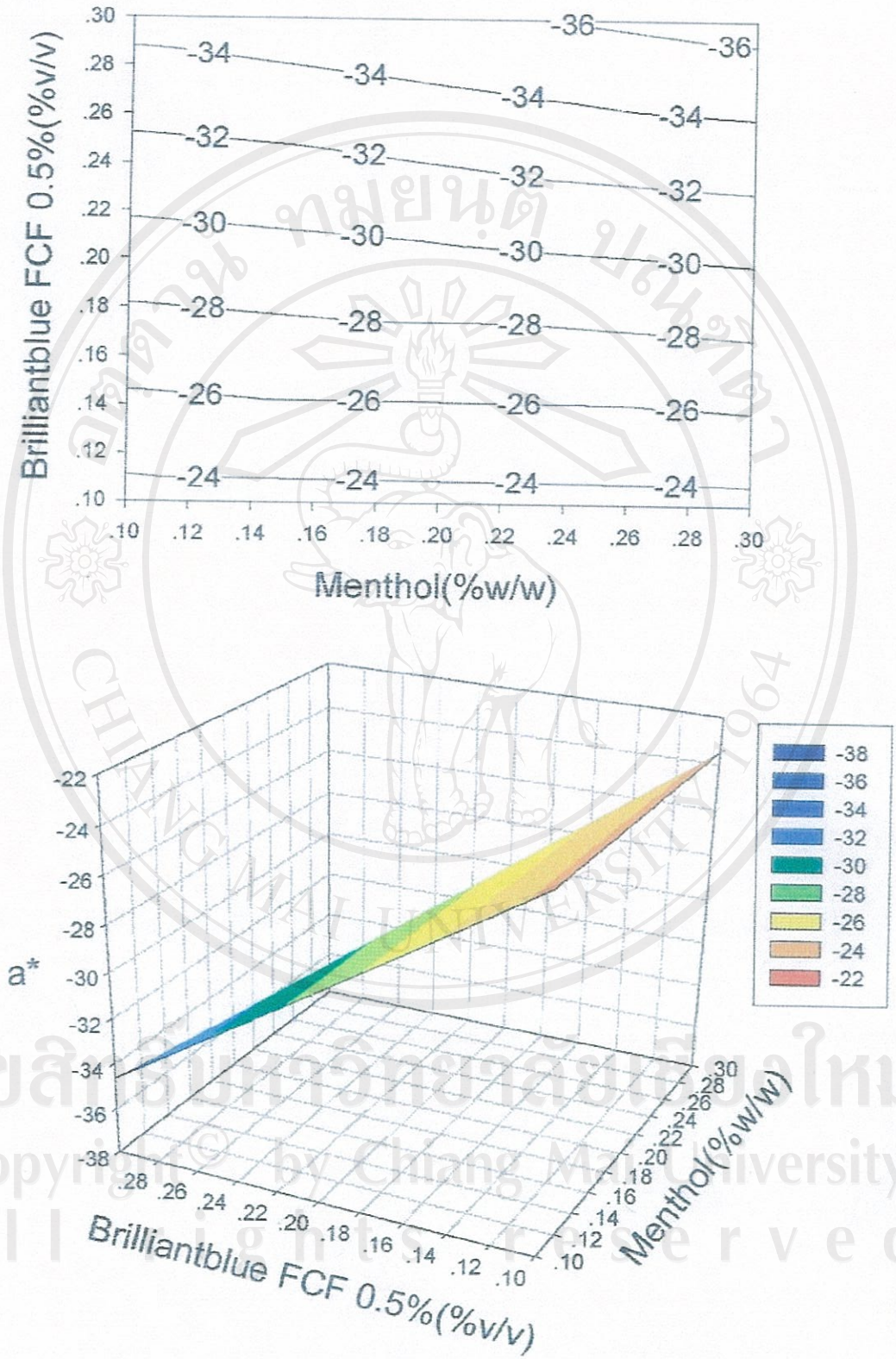
สำหรับ ค่าสี a* ค่าสี b* ความใส สี การละลาย และความหวาน มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ระหว่างปริมาณเมนทอลและสีเขียว ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการถดถอยในรูปสมการยกกำลังสอง (Quadratic equation) โดยพบว่าการใช้ปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่ระดับสูงคือ ร้อยละ 0.3 จะให้ ค่าสี a* สูงสุด คือ -36.69 $\pm$ 0.59 และทำให้ลักษณะความหวานและการละลายของผลิตภัณฑ์มีค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด การใช้ปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่ระดับกลางคือ ร้อยละ 0.2 จะทำให้ ค่าสี b* สูงสุดคือ 36.48 $\pm$ 0.28 และลักษณะความชอบด้านสีและความใสของผลิตภัณฑ์มีค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด การตอบสนองของค่าลักษณะต่างๆ เมื่อใช้เมนทอลและสีเขียวในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 5.9 - 5.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



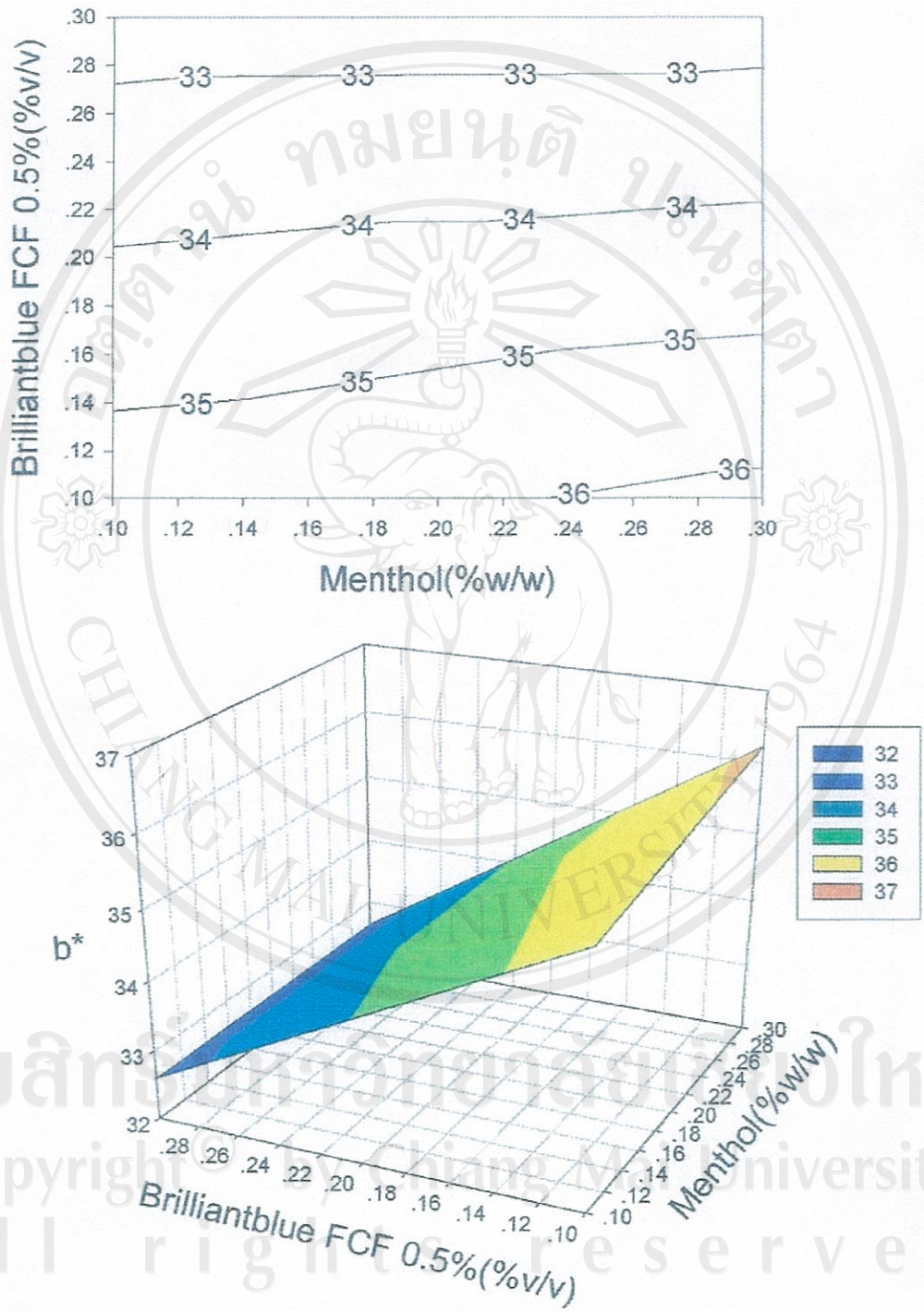
ภาพที่ 5.9 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



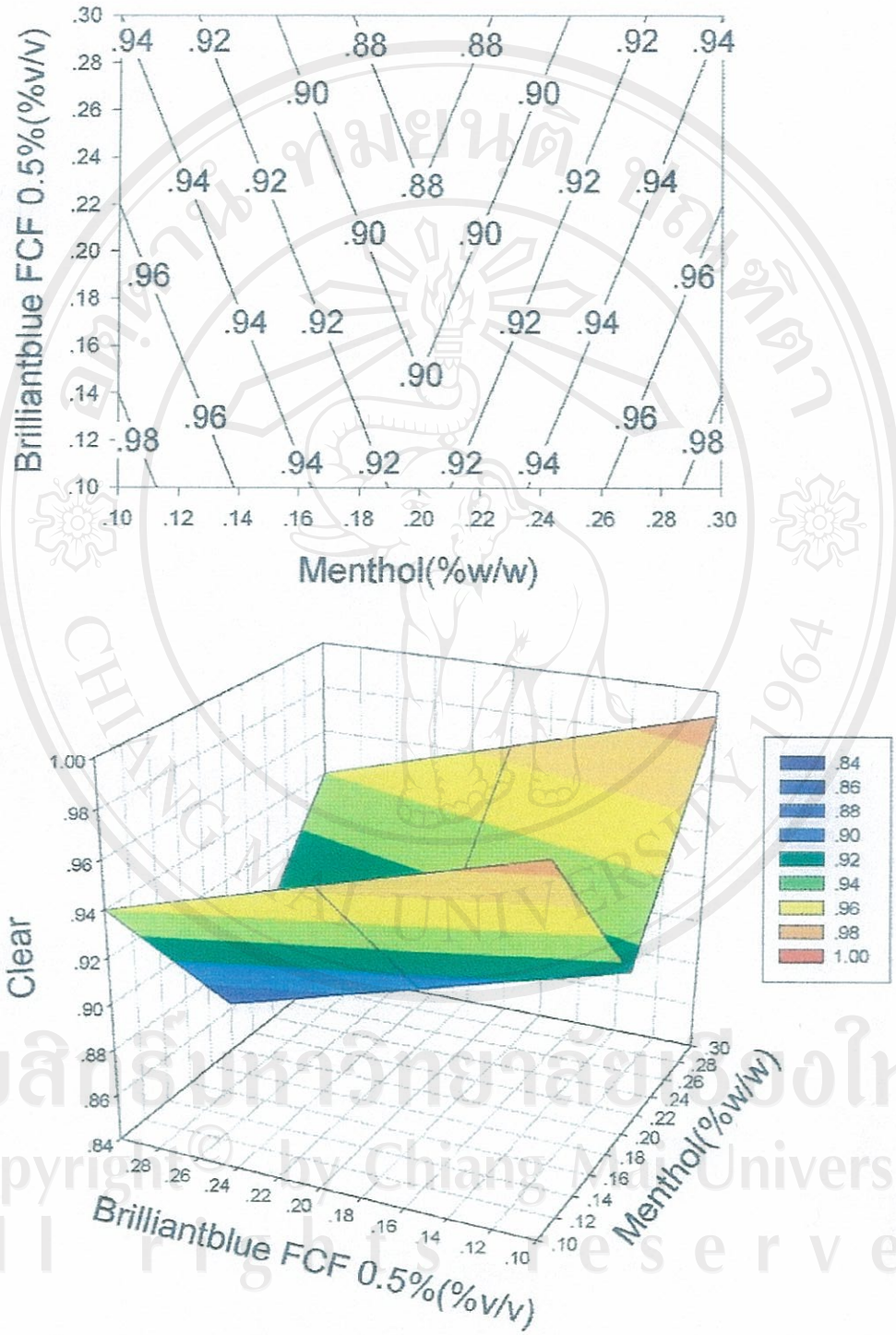
ภาพที่ 5.10 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอล และสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



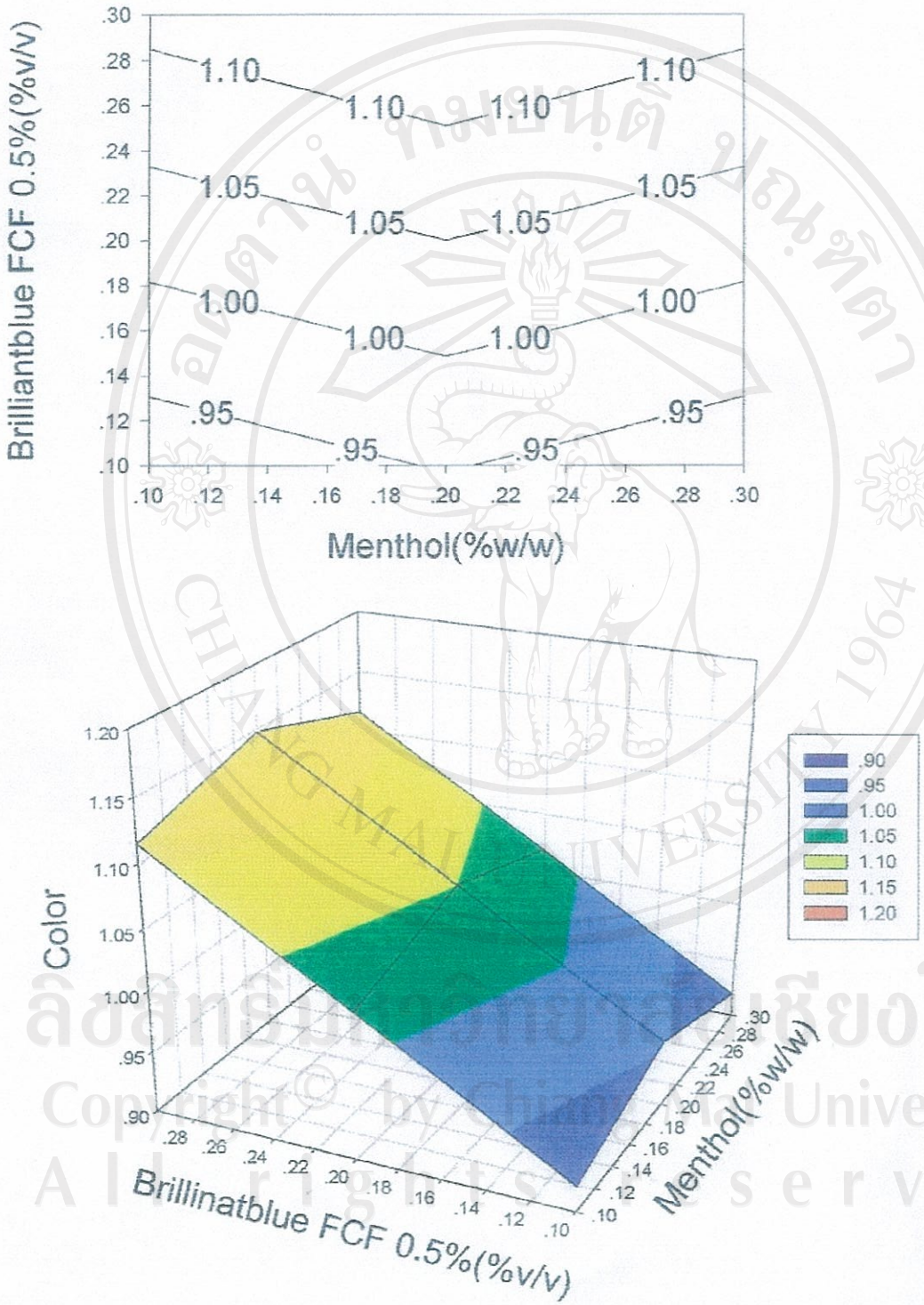
ภาพที่ 5.11 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอล และสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



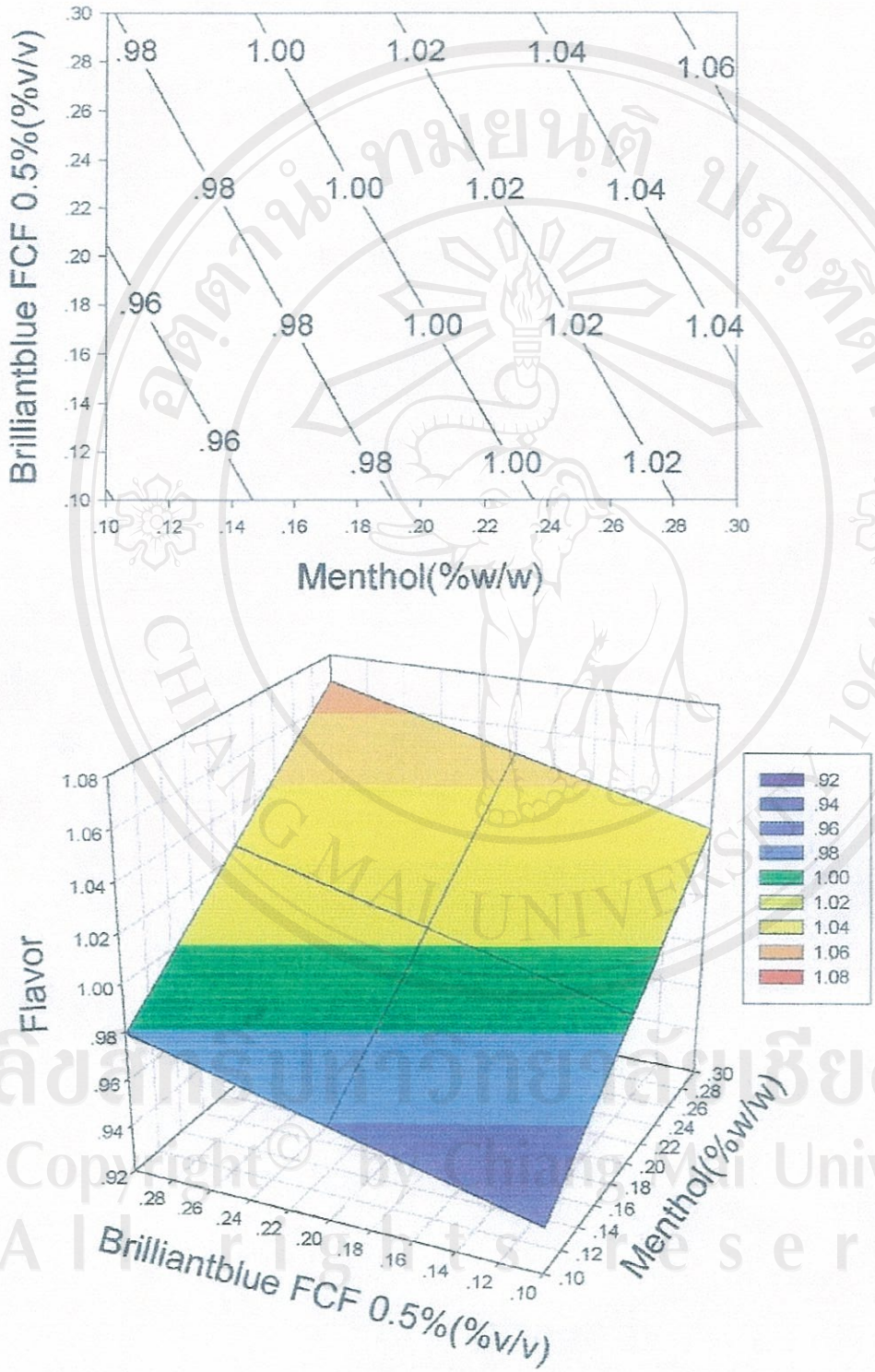
ภาพที่ 5.12 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความใส เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



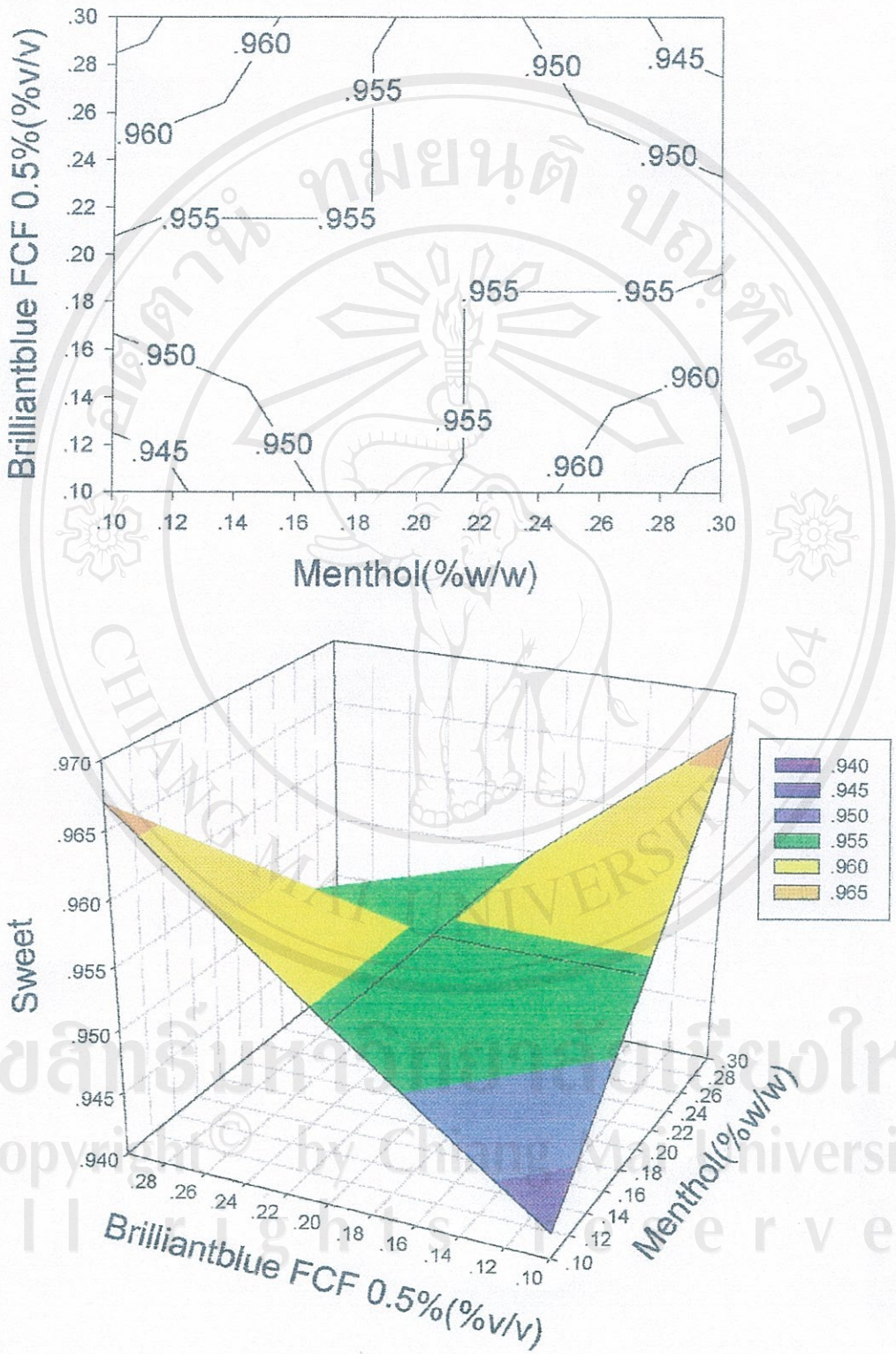
ภาพที่ 5.13 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความชอบทางด้านสี เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



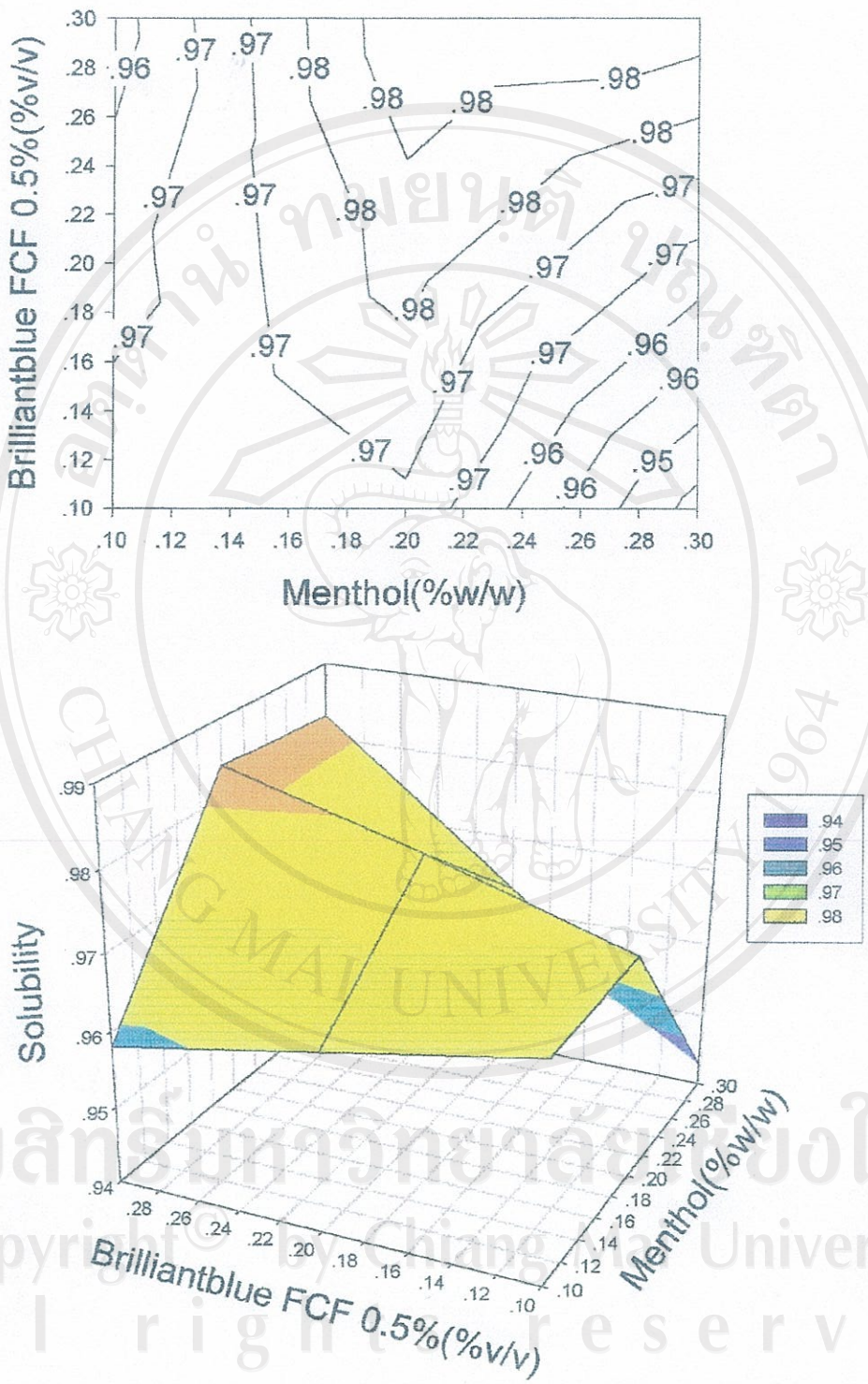
ภาพที่ 5.14 กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่น เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอล และสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.15 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวาน เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.16 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการละลาย เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ เมนทอล และสีเขียว ทำได้โดยการนำระดับของปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียวในช่วงที่ทำการศึกษาแทนค่าลงในสมการที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว เพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้เมนทอลและสีเขียว ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

ความใส = $1.2499 - 3.1332\,(\text{เมนทอล}) - 0.25(\text{สีเขียว}) + 7.833\,(\text{เมนทอล})^2$ $R^2 = 88.64\%$

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1)	=	0.99
f(0.1,0.3)	=	0.94
f(0.2,0.2)	=	0.89
f(0.3,0.1)	=	0.99
f(0.3,0.3)	=	0.94

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 ดังนั้นคุณภาพทางด้านความใส สามารถเลือกใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ0.1 หรือ 0.3 ก็ได้ และใช้สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1

สี = $1.225 - 1.2(\text{เมนทอล}) - 1.525(\text{สีเขียว}) + 12.5\,(\text{เมนทอล})(\text{สีเขียว})$ $R^2 = 97.92\%$

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1)	=	1.05
f(0.1,0.3)	=	0.99
f(0.2,0.2)	=	1.05
f(0.3,0.1)	=	0.80
f(0.3,0.3)	=	1.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการแทนค่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับของเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99

กลิ่นสมุนไพร = 0.8743 + 0.45(เมนทอล) + 0.2(สี) $R^2 = 95.92\%$

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.94
f(0.1,0.3) = 0.98
f(0.2,0.2) = 1.00
f(0.3,0.1) = 1.03
f(0.3,0.3) = 1.07

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.2 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.2 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.00

ความหวาน = 0.9043 + 0.25(เมนทอล) +0.25(สีเขียว) - 1.25(เมนทอล)(สีเขียว) $R^2 = 81.25\%$

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.94
f(0.1,0.3) = 0.97
f(0.2,0.2) = 0.95
f(0.3,0.1) = 0.97
f(0.3,0.3) = 0.94

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1และ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.97 ดังนั้นสามารถเลือกใช้เมนทอลและสีเขียวที่ระดับใดก็ได้ ระหว่างร้อยละ 0.1 กับ 0.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การละลาย = 0.9549 + 0.3168(เมนทอล) - 0.175(สีเขียว) R^2 = 85.74%
+ 1.25(เมนทอล)(สีเขียว) - 1.417(เมนทอล)^2

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.97
f(0.1,0.3) = 0.96
f(0.2,0.2) = 0.97
f(0.3,0.1) = 0.94
f(0.3,0.3) = 0.98

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.98

นำค่าปริมาณส่วนผสมของแต่ละชนิดในทุกลักษณะมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะ	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	เมนทอล	สีเขียว
ความใส	0.1	0.1
สี	0.1	0.3
กลิ่นสมุนไพร	0.2	0.2
ความหวาน	0.3	0.1
การละลาย	0.3	0.3
ค่าเฉลี่ย	**0.2**	**0.2**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นได้ว่า ระดับของปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียวนั้นสามารถใช้เป็นระดับที่เหมาะสมในการนำไปผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งได้ทุกระดับ แต่ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทำการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ที่ระดับของค่าเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 0.2

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับการใช้ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่ระดับเปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

เมนทอล	ควรใช้ที่ระดับ	ร้อยละ 0.2
สีเขียว	ควรใช้ที่ระดับ	ร้อยละ 0.2

5.4 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

การพัฒนาสูตรการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในการทดลองที่ผ่านมา ทำให้สามารถสรุปสูตรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต จึงทำการผันแปรระดับของอุณหภูมิที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียสและทุกระดับได้ทำการทดลองโดยมีจำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำ เมื่อทำการผสมส่วนผสมต่างๆ ตามสูตรที่ผ่านการพัฒนามาแล้วในการทดลองขั้นต้นจนครบ 9 สิ่งทดลอง นำไปเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาท-สัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลแสดงดังตารางที่ 5.14 5.15 และ5.16

ตารางที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (140)	60.97 ± 1.48*	- 34.47^{b} ± 0.94	36.89 ± 0.89
2 (150)	60.02 ± 1.02	- 33.84^{b} ± 0.86	36.64 ± 0.93
3 (160)	59.49 ± 1.82	- 32.32^{a} ± 0.97	36.33 ± 0.66

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.14 แสดงถึงระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี a* (แดง - เขียว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ ส่วนคุณภาพทางด้านค่าสี L (ค่าความสว่าง) และ ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P > 0.05$

คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์จะแปรผันกับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยว กล่าวคือ เมื่อระดับของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้คุณภาพทางด้านกายภาพลดลง จากตารางจะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมี ค่าสี L (ค่าความสว่าง) ค่าสี a* (แดง - เขียว) และ ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) อยู่ในระดับสูง คือ จะมีความสว่างมาก แต่มีสีเขียวและสีเหลืองที่ซีดจางกว่า ในทางตรงกันข้ามที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีค่าดังกล่าวต่ำกว่า ซึ่งหมายความว่ามีความสว่างน้อยกว่าแต่มีสีค่อนข้างเป็นสีเขียวและสีเหลืองเข้มกว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างออกสีน้ำตาลไหม้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างน้อยและมีสีเข้มมากขึ้น

ตารางที่ 5.15 พบว่า ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ โดยพบว่า การเคี่ยวที่อุณหภูมิ 140 และ 150 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 140 และ 160 องศาเซลเซียสนั้น พบว่ามีผลต่อค่าต่างๆ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ต่ำสุด คือ 0.09 ± 0.01 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด คือ 92.21 ± 1.24 และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 19.09 ± 0.29

สำหรับปริมาณเถ้าซัลเฟต ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $P > 0.05$

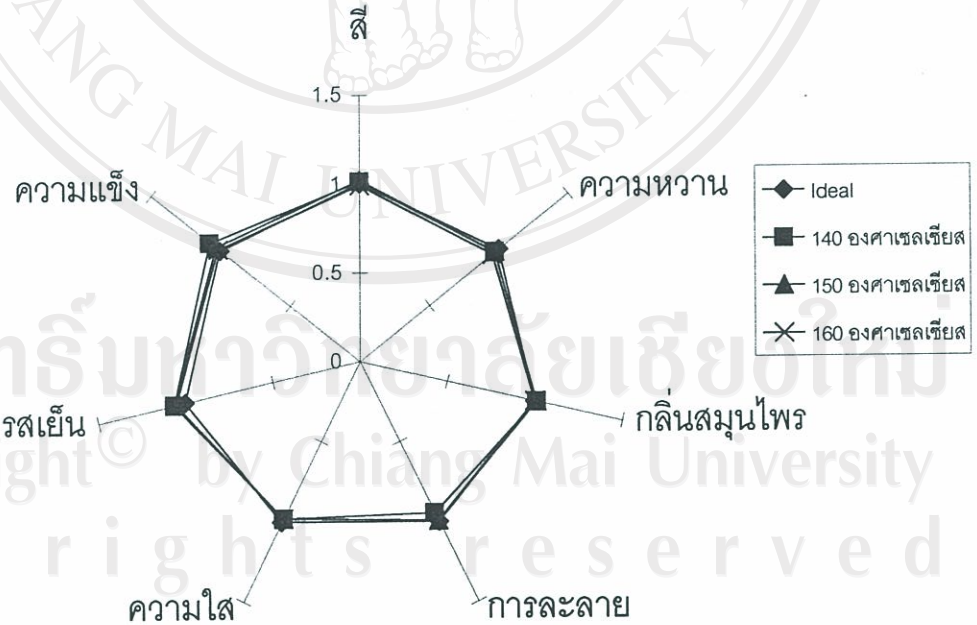
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.6 - 1 โดยเฉพาะยีสต์และราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกกวาดเกิดการเสื่อมเสียนั้นจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ คือ 0.6 ในทางตรงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้ามเชื้อแบคทีเรียจะเจริญได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 0.75 และมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญได้เมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.86 (Macrae, et al., 1993) ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อให้ได้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ลดต่ำลงจึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลิน-ทรีย์ วิธีการลดปริมาณน้ำอาจใช้วิธีการทำแห้งหรือการเติมตัวถูกละลายลงไป เช่น การเติมน้ำตาล หรือการเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2539) สำหรับผลิตภัณฑ์ถูกกวาดนั้น นอกจากจะมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักแล้วยังมีการเติมกลูโคสไซรัปลงไปในส่วนผสมเพื่อช่วยให้น้ำตาลละลายได้มากขึ้นแล้วยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย โดยทั้งนี้ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความเข้มข้นสูงกว่า ร้อยละ 75 ขึ้นไป (สายสนม และสิรี, 2539)

เมื่อพิจารณาโดยรวมจากคุณภาพทางเคมีแล้ว พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ สามารถใช้เป็นปัจจัยในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามควรต้องนำข้อมูลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมาร่วมในการพิจารณาด้วย

ตารางที่ 5.16 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุกสิ่งทดลอง จะถูกนำมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพที่ 5.27



ภาพที่ 5.17 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ถูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการพิจารณาหาระดับของอุณหภูมิในการเคี่ยวที่เหมาะสมนั้น สามารถทำได้โดยการนำ ข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เพื่อทราบถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่ระดับต่างๆ มีผลต่อคุณลักษณะใดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญบ้างซึ่งผลแสดงในตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.17 ค่า Mean ideal ratio score ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็ง	การละลาย	สี
140	$1.07^{a} \pm 0.01$	$0.95^{b} \pm 0.01$	$1.01^{ab} \pm 0.02$
150	$1.02^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.03$	$1.02^{a} \pm 0.01$
160	$1.01^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.01$	$0.99^{b} \pm 0.04$

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 5.17 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่ระดับต่างๆ ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบว่า อุณหภูมิมีผลต่อคุณลักษณะทางด้านความแข็ง การละลาย และสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) พบว่า การใช้อุณหภูมิที่ระดับ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของคุณลักษณะทางด้านความแข็งที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และให้ค่าการตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.01 และ 1. 02 ตามลำดับ เช่นเดียวกับคุณลักษณะทางด้านการละลาย ซึ่งพบว่าการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของคุณลักษณะทางด้านการละลายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และให้ค่าการตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 สำหรับคุณลักษณะทางด้านสี พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 140 และ 160 องศาเซลเซียส ให้ค่า การตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 และ 1.01

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส สามารถสรุปได้ว่า ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่แตกต่างกัน มีผลทำให้คุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเคี่ยวที่ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพโดยรวมดีกว่าที่ระดับ 140 และ150 องศาเซลเซียส

5.5 การผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมที่ผ่านกระบวนการพัฒนามาแล้วในขั้นตอนที่ 1 2 3 และ 4

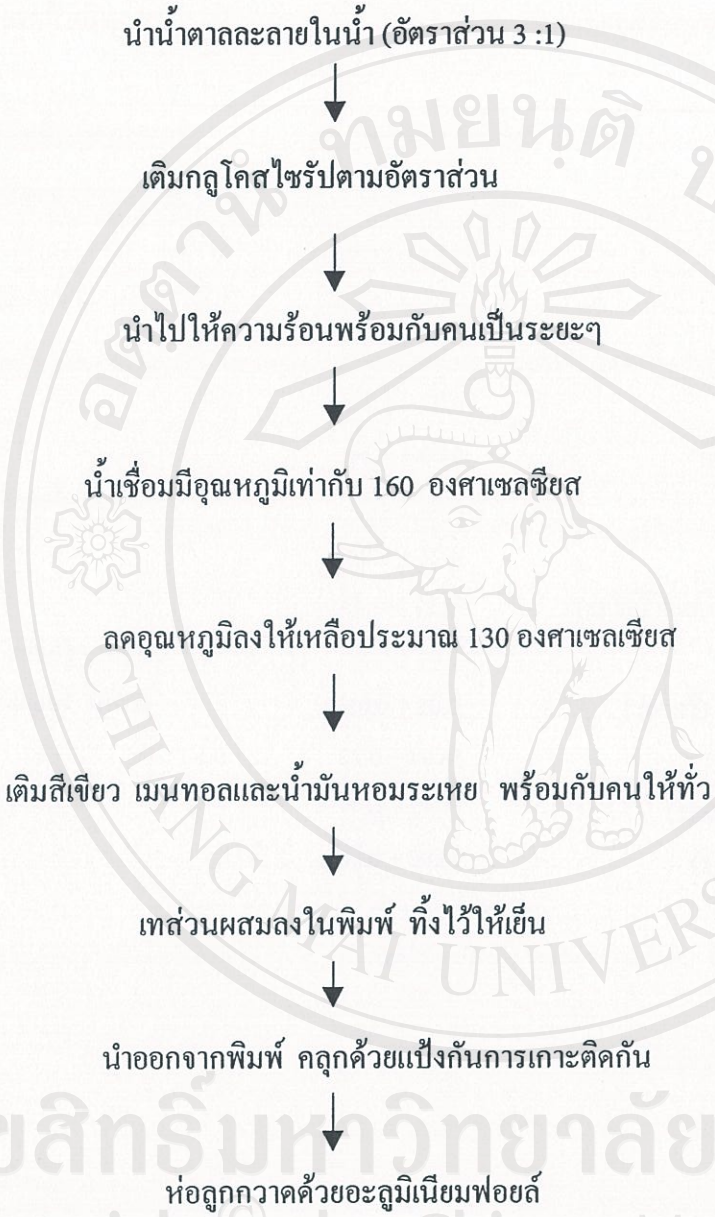
เมื่อได้สูตรและกระบวนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนต่างๆ ที่ได้ทำการพัฒนามาแล้วข้างต้น ขั้นตอนนี้เป็นการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส เคมี และจุลชีววิทยา เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

สูตรการผลิต

น้ำตาล	ร้อยละ 50
กลูโคสไซรัป	ร้อยละ 50
น้ำมันหอมระเหย	ร้อยละ 0.2
เมนทอล	ร้อยละ 0.2
สีเขียว	ร้อยละ 0.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการผลิต แสดงดังภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตรและกระบวนการผลิตข้างต้นเรียบร้อยแล้วจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 5.32, 5.33, 5.34 และภาพที่ 5.29, 5.30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกกวาดชนิดแข็ง ✉
ค่าสี L (ความสว่าง)	58.32 ± 1.08*	-
ค่าสี a* (สีแดง - เขียว)	-32.35 ± 0.40	-
ค่าสี b* (สีเหลือง - น้ำเงิน)	36.04 ± 0.48	-
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	0.09 ± 0.34	-
ความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์	9.00 ± 0.34	-
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	3.58 ± 0.07	ไม่เกิน ร้อยละ 3
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	4.24 ± 0.04	-
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(ร้อยละ)	92.21 ± 1.43	-
ปริมาณเถ้าซัลเฟต (ร้อยละ)	0.04 ± 0.03	ไม่เกิน ร้อยละ 1.5
ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)	0.05 ± 0.02	ไม่เกิน ร้อยละ 0.2
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	18.94 ± 0.22	-
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	51.98 ± 0.49	-
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	70.92 ± 0.56	-
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	< 30 โคโลนี / กรัม	-
ยีสต์และรา	ไม่พบ	-
Escherichia Coli.	ไม่พบ	-

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ที่มา : ✉ มอก., 2530

ตารางที่ 5.18 เป็นค่าคุณภาพทางด้านเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณเถ้าซัลเฟตและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ มีปริมาณเป็นไปตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด กล่าวคือ ต่ำกว่า ร้อยละ 1.5 และ 0.2 ตามลำดับ สำหรับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ได้ พบว่ามีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด คือ มากกว่าร้อยละ 3 การที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสูงกว่าร้อยละ 3 นี้จะมีผลกระทบต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์จะเกิดการดูดความชื้นส่งผลให้มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โดยมีลักษณะที่เยิ้มเปียก ยืดเหนียว และเกิดการตกผลึก ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเป็นกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม (Open fire cooking) ซึ่งเหมาะกับการผลิตในปริมาณไม่มากและเป็นวิธีการผลิตที่ง่าย ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์จำนวนมาก แต่มีข้อเสีย คือ จำเป็นจะต้องผลิตที่อุณหภูมิสูง คือ 160 - 165.5 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยรักษาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำ แต่ที่ระดับอุณหภูมิสูงก็จะทำให้เกิดการสลายตัว(Inversion) ของน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ตสูงซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นได้ง่าย (Minifie, 1989)

Hess (1995) ได้กล่าวว่า การผลิตลูกกวาดชนิดแข็งด้วยวิธี Open fire cooking จะให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำและทำให้เกิดปัญหามาก แต่การผลิตด้วยวิธี Batch vacuum cooking จะให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าแบบ Open fire cooking ส่วนการผลิตแบบวิธี Universal cooker (Faster cooking) จะเป็นการปรับปรุงให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมากขึ้น ลดขบวนการเกิด inversion และเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น สำหรับวิธี Continuous batch cooker มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รวดเร็วและเป็นระบบ Vacuum อย่างต่อเนื่อง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความใสมากขึ้น การเกิด inversion และความชื้นลดลง แต่วิธี Continuous cooker และ Continuous coil cooker จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมากกว่าระบบ Batch ส่วนผสมต่างๆ สามารถผสมลงไปในระบบที่เป็นแบบปิดได้ ทำให้ลดการสูญเสียสารประเภท Volatile

วิธีการขึ้นรูป โดยการใช้วิธีการหยอดลงพิมพ์ ลูกกวาดชนิดแข็งที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแข็ง ใสเพราะน้ำตาลละลายได้อย่างสมบูรณ์ ผิวเนียน เรียบลื่น แต่มีข้อเสียคือ มักเหนียวติดมือง่าย ทั้งนี้เพราะการต้มเคี่ยวต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปน้ำตาลอินเวอร์ตในปริมาณมาก ซึ่งนับว่าเป็นจุดด้อยของผลิตภัณฑ์เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่สั้นลง แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้วัสดุบรรจุที่ดี และรีบทำการห่อให้รวดเร็ว (สุวรรณา, 2543)

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ขณะทำการผลิตและการบรรจุสูงเกินไป ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ หากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ผลิตภัณฑ์จะไม่สูญเสียความชื้นหรือเกิดการตกผลึก แต่หากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดความชื้นและเกิดการตกผลึก โดยปกติปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ไม่ควรเกิน ร้อยละ 30 (Lees and Jackson, 1973) ดังนั้นถ้าทำการผลิต บรรจุหรือเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่านี้ ลูกกวาดจะเกิดการดูดซับไอน้ำเข้าไป ยิ่งถ้าความชื้นสูงๆ ผลิตภัณฑ์ก็จะยิ่งดูดความชื้นจนทำให้น้ำตาลรอบๆ เม็ดละลายเป็นชั้นเหนียวเยิ้ม ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าจะทำการทดลองในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสแล้ว แต่พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องที่ทำการทดลองยังคงอยู่ที่ระดับสูงคือ ร้อยละ 42 กล่าวได้ว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศยังคงอยู่ในระดับที่สูงกว่าปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าตามที่ทางมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้

สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่า ร้อยละ 75 จะทำให้เกิดการตกผลึก และอาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องมาจากยีสต์และราได้ (Lees and Jackson, 1973) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ ร้อยละ 92.21 ± 1.43 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา กล่าวคือ ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 30 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และราในผลิตภัณฑ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาละลายน้ำแล้วนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยหลังเติมลงในผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ แสดงดังภาพที่ 5.29 และตารางที่ 5.33 และผลการเปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยก่อนและหลังเติมลงในผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 5.34

ตารางที่ 5.19 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตด้วยสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative
1	1,8 - Cineole	1.61
2	β - Thujone	1.96
3	Camphor	3.42
4	L - Limonene	3.89
5	L - Menthol	43.65
6	Neral	4.23
7	L - Carvone	4.16
8	Geraniol	9.81
9	Citral a	4.77
10	Bisabolol oxide A	3.68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.20 การเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ก่อนทำการเติมลงในผลิตภัณฑ์และหลังจากทำการผลิตผลิตภัณฑ์ในสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมแล้ว

Compounds	Percent Relative Before Process	Percent Relative After Process
α - Pinene	4.75	0.42
1,8 - Cineole	3.29	1.61
α - Thujone	3.43	0.47
β - Thujone	0.94	1.96
Limonene	1.97	-
Camphor	6.47	3.42
L – Menthone	3.31	3.89
L – Menthol	-	43.65
Menthol	5.18	-
Neral	5.18	4.23
Carvone	4.53	-
L – Carvone	-	4.16
Geraniol	15.36	9.81
Citral a	7.12	4.77
Bisabolol oxide A	9.34	3.68

ตารางที่ 5.20 เมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยก่อนทำการเติมลงไปในผลิตภัณฑ์และหลังจากเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ พบว่า ชนิดของสารประกอบมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการสูญเสียโครงสร้างเนื่องจากความร้อนหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่า Geraniol ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยก่อนเติมลงไปในผลิตภัณฑ์และเมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์นั้นแล้ว แต่ไม่ปรากฏอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยจำนวน 2 เครื่องด้วยกัน ซึ่งเครื่อง GC-MS ของบริษัท Hewlett packgard รุ่น 5973 เป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและจำแนกชนิดของสารได้ดีกว่าเครื่องของบริษัท Shimadzu (Model GCMS -QP2000 , Japan) ซึ่งเป็นเครื่องที่มีอายุการใช้งานมากกว่า จึงทำให้สามารถตรวจพบและทราบปริมาณของ Geraniol ในน้ำมันหอมระเหยได้ด้วย เครื่อง GC-MS ของบริษัท Hewlett packgard รุ่น 5973

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะเห็นได้ว่า สารประกอบบางชนิดมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นบางชนิดมีปริมาณลดลงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของสารประกอบ เช่น α - Thujone เปลี่ยนเป็น β - Thujone เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณของเมนทอลที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นผลเนื่องมาจากการเติมเมนทอลแบบเกล็ดซึ่งเป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพร ดังนั้นเมื่อทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาจึงทำให้มีปริมาณของเมนทอลในสัดส่วนที่สูงขึ้น

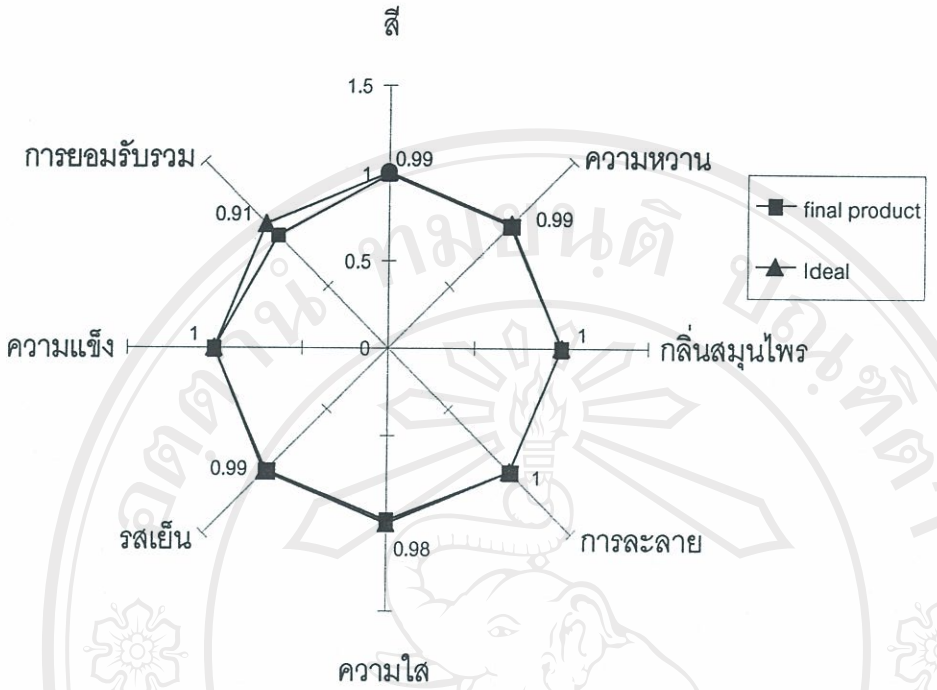
ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 5. 21 และกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพร แสดงดังภาพที่ 5.31

ตารางที่ 5.21 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยจากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อผลิตโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลักษณะ	สัดส่วนเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์	0.99 $\pm$ 0.04
ความใส	0.98 $\pm$ 0.04
กลิ่นสมุนไพร	1.00 $\pm$ 0.05
ความหวาน	0.99 $\pm$ 0.05
รสเย็น	0.99 $\pm$ 0.03
ความแข็ง	1.00 $\pm$ 0.01
การละลาย	1.00 $\pm$ 0.03
การยอมรับรวม	0.91 $\pm$ 0.07

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.20 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

เมื่อนำสัดส่วนเฉลี่ย (ที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.21) มาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตโดยการใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีของผลิตภัณฑ์ ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม มีค่าใกล้เคียงกับค่าอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ 0.99 ± 0.04 ความใส 0.98 ± 0.04 ความหวาน 0.99 ± 0.05 รสเย็น 0.99 ± 0.03 กลิ่นสมุนไพร 1.00 ± 0.05 ความแข็ง 1.00 ± 0.01 การละลาย 1.00 ± 0.03 และการยอมรับรวม 0.91 ± 0.07

เมื่อนำข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัสที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับรวมกับลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Multiple Regression ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{การยอมรับรวม} = -319.22 + 8.83(\text{ความใส}) - 6.382(\text{ความใส}^2) + 27.83(\text{ความหวาน}) - 2.84(\text{ความหวาน}^2) - 0.034(\text{กลิ่นสมุนไพร}^2) \quad R^2 = 93.23\%$$

ในสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า การตัดสินใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพ คือ ความใสของผลิตภัณฑ์ ทางด้านกลิ่นและรสชาติ คือ กลิ่นสมุนไพร และความหวานเป็นคุณลักษณะที่สำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การกำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยการออกแบบสอบถามเพื่อสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค การศึกษาปริมาณร้อยละของผลผลิตและการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด การศึกษาหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง การศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง การศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมตลอดจนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม รวมทั้งการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์

จากการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคโดยออกแบบสอบถาม พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญโดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้ ลักษณะที่ปรากฏภายนอก คือ สี ความใส กลิ่นและรสชาติ คือ กลิ่นสมุนไพร รสเย็นและรสหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ความแข็ง และการละลาย

2. การศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

2.1 การหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย พบว่าประกอบไปด้วย น้ำตาล ร้อยละ 50 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.2

2.2 การหาสัดส่วนของส่วนผสมของปัจจัยรองที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งได้แก่ เมนทอล และสีเขียว พบว่าประกอบด้วย เมนทอล ร้อยละ 0.2 และสีเขียว ร้อยละ 0.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

กรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเคี่ยวลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งด้วยวิธีการเคี่ยวแบบดั้งเดิม (Open fire Cooking) นั้น พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ซึ่งได้แก่ 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส สามารถเป็นปัจจัยในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้เมื่อพิจารณาโดยรวมจากคุณภาพทางกายภาพและเคมี แต่เมื่อพิจารณาทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด คือ 160 องศาเซลเซียส

4. การผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมที่ผ่านกระบวนการการพัฒนามาแล้ว

พบว่า คุณภาพของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมจะมีค่าสี L (ความสว่าง) เท่ากับ 58.32 ค่าสีa* (สีแดง - สีเขียว) เท่ากับ -32.35 ค่าสีb* (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) เท่ากับ 36.04 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.09 ความชื้น ร้อยละ 3.58 ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 4.24 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ร้อยละ 92.2 เถ้าซัลเฟต ร้อยละ 0.04 เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ร้อยละ 0.05 น้ำตาลรีดิวซ์ ร้อยละ 18.94 น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 51.98 น้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 70.92 ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และราวมทั้งอีโคไลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ชนิดและปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยก่อนและหลังทำการเติมลงในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ได้มีการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภค ทั้งในด้านลักษณะ สี ความใส กลิ่นสมุนไพร รสหวาน รสเย็น ความแข็ง การละลาย และการยอมรับโดยรวม โดยมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ของลักษณะดังกล่าวเท่ากับ 0.99, 0.98, 1.00, 0.99, 0.99, 1.00, 1.00 และ 0.91 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการเคี่ยว อุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิควรเป็นอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำสูงเพราะจุดเดือดของสารละลายมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความเข้มข้นของสารละลายและยังส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา

2. ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งด้วย วิธี Open pan นั้น เป็นวิธีการที่ต้องใช้อุณหภูมิในการต้มเคี่ยวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในปริมาณมากส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดความชื้นได้ง่ายและทำให้อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สั้นลง ดังนั้นในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมควรมีการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นเพื่อลดจำนวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยควรนำระบบการต้มเคี่ยวแบบสูญญากาศ (Vacuum cooking) มาใช้เพื่อลดระดับอุณหภูมิและเวลาในการต้มเคี่ยว

3. ในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในระดับอุตสาหกรรมนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง แต่อาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสามารถผลิตได้ในปริมาณครั้งละมากๆ หากมีการพัฒนาในระดับที่ดีแล้วคาดว่าน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ที่ดีสำหรับผู้บริโภคและสามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศได้

4. ควรมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมในด้าน ภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งต่อไป เพื่อสามารถเลือกชนิดของภาชนะบรรจุที่มีคุณภาพดีและสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น ตลอดจนเพื่อทราบอายุการเก็บรักษาที่แน่นอนของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2537. **สารให้กลิ่นและการนำไปใช้**. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร. ปีที่5. ฉบับที่ 3.

มอก.696 - 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกกวาดและทอฟฟี่**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2536. **การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เล่มที่ 1,2**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เรณู ปิ่นทอง. 2537. **คู่มือจุลชีววิทยาทางอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง และสิริ ชัยเสรี. 2539. **ลูกกวาดและช็อกโกแลต**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . หจก.การพิมพ์พระนคร. กรุงเทพฯ.

สุวรรณ เตชะธนานนท์. 2528. **มินต์และผลิตภัณฑ์มินต์**. วิทยาศาสตร์การอาหาร ปีที่ 16 เล่ม 3. กันยายน.

สุวรรณา สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สุรพล อุปติสสกุล.2536. **สถิติการวางแผนการทดลอง เล่มที่ 1**. สหมิตรออฟเซท. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศิริลักษณ์ สินธุวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหาร. เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร.** บริษัทวรวุฒิ การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

Alikonis, J.J. 1979. **Candy Technology**. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

AOAC. 1995. **In Association of Official Analytical Chemists**,16 th ed. AOAC, Inc., Virginia, USA.

Ashurst, P. R. 1995. **Food Flavoring**. Blackie Academic & Professional,London, UK.

Belitz, H.D., Grosch, W. 1987. **Food Chemistry**. Spinger - Verlag Berlin. Gemany.

Bernard, W. M. 1989. **Choccolate, Cocoa and Confectionery**. Van Nostrand Reinhold International Copany Ltd. USA.

Charly, H. 1982. **Candies**. Food science. John Wiley & Sons, Inc., USA.

Duke, J.A. 1985. **Handbook of Medicinal Herbs**. CRC Press, Inc, USA.

Dziezak, J.D. 1989. **Spices**. Food Technology. 43.(1) : 94 -114

Henry B.H., and M. B. E.,B. Pharm. 1978. **Flavor Technology**. AVI Publishing Company, Inc.,Westport, Connecticut.

Hess, W.D. 1995. **Hard candy: cooking**. Manufacturing - Confectioner : 75 (10) 37 - 41.

Jackson, E.B. and Howing, D. 1995. **Glucose Syrup and Starch Hydrolysates**. Sugar Confectionery Manufacture. 2nd ed. Blackie & Professional, USA.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kitt, J.S. 1993. **Hard candy graining, causes and prevention.** Manufacturing - Confectioner : 73 (11) 47 - 48.

Lees, R. and Jackson, F.B. 1973. **Sugar Confectionery and Choccolate Manufacture.** Clarke , Dodle & Brendon Ltd. Plymouth. Great Britain.

Macrae, R., Robinson, R.K., and Sadler, M.J..1993. **Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition.** Academic Press, Limited, London.

Merory, J. 1968. **Food Flavorings Composition Manufacture and Use.** The AVI Inc. Connecticut.

Person, D. 1981. **Pearson' s chemical Analysis of Foods.** Churchill Livingstone, Inc., New York, USA.

Peterson, J. 1974. **Encyclopedia of Food Technology.** AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

(Ideal Ratio Profile Test)

ผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ที่ผลิตโดยใช้สารให้กลิ่นซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชสมุนไพร 9 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ เสจ ทายม์ บาล์ม คาโมมาย ยูเอสเอมินต์ สเปียร์มินต์ เปปเปอร์มินต์ และเจแปนนีสมินต์

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย...

1. ระบุหัวข้อ "ลักษณะของผลิตภัณฑ์" ที่ท่านคิดว่าสำคัญลงไปในแต่ละหัวข้อ
2. กำหนดเครื่องหมาย I ลงบนสเกลในตำแหน่งที่คิดว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal)
3. กำหนดเครื่องหมาย X ลงบนสเกลในตำแหน่งที่คิดว่าเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏภายนอก (External Appearance)

.....

....

.....

....

.....

....

กลิ่นและรสชาติ (Flavor and Taste)

.....

....

.....

....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

กรุณากำหนดเครื่องหมาย X บนตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นระดับของลักษณะนั้นของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง เมื่อกำหนดให้เครื่องหมาย I เป็นระดับในอุดมคติของลักษณะนั้นที่ท่านต้องการ

ลักษณะปรากฏภายนอก

สีที่ปรากฏ : เขียวอ่อน — เขียวเข้ม

ความใส : ใสน้อย — ใสมาก

กลิ่นและรสชาติ

กลิ่นสมุนไพร : กลิ่นอ่อน — กลิ่นแรง

รสหวาน : หวานน้อย — หวานมาก

รสเย็น : เย็นน้อย — เย็นมาก

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง : แข็งน้อย — แข็งมาก

การละลาย : ละลายช้า — ละลายเร็ว

การยอมรับรวม

การละลาย : ไม่ยอมรับมากที่สุด — ยอมรับมากที่สุด

ขอขอบคุณในความร่วมมือในครั้งนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำอธิบายประกอบการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง สามารถแบ่งได้เป็น 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏภายนอก กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม คุณลักษณะที่ใช้ในการพิจารณา ประกอบด้วย สีของผลิตภัณฑ์ ความใส กลิ่นสมุนไพร รสหวาน รสเย็น ความแข็ง การละลาย และการยอมรับโดยรวม

คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง มีดังนี้

1. สีของผลิตภัณฑ์

พิจารณาจากสีของผลิตภัณฑ์โดยรวม ซึ่งควรมีสีเขียวสด สม่ำเสมอ

2. ความใส

พิจารณาจากความใสของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ควรมีลักษณะใสไม่มีตะกอน ฟองอากาศ รูพรุนหรือสิ่งแปลกปลอม

3. กลิ่นสมุนไพร

พิจารณาจากกลิ่นสมุนไพร ผลิตภัณฑ์ควรมีกลิ่นของสมุนไพร ไม่ควรมีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ เช่น กลิ่นน้ำตาลไหม้

4. รสหวาน

พิจารณาจากรสหวานของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ควรมีรสหวานที่พอเหมาะ ไม่มากเกินไปจนกลบรสเย็น

5. รสเย็น

พิจารณาจากรสเย็นของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ควรมีรสเย็นพอที่เหมาะ ไม่มากเกินไปจนเกิดรสขม

6. ความแข็ง

ผลิตภัณฑ์ควรมีความแข็งที่พอเหมาะ เมื่อเคี้ยวสามารถกัดแตกได้และไม่เหนียวจน ติดฟัน ขณะละลายผลิตภัณฑ์ควรยังคงลักษณะแข็งอยู่ ไม่อ่อนตัวในปาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. การละลาย

เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีหยดน้ำเกาะบริเวณผิวภายนอกของเม็ด หรือเหนียวเหนอะหนะขณะสัมผัส มีระยะเวลาในการละลายที่พอเหมาะไม่เร็วหรือช้าจน เกินไป

8. การยอมรับโดยรวม

เป็นการประเมินผลการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดสีระบบ Hunter Lab

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี ColorQuest II Colorrimeter วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) โดยค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

เมื่อ	L คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
	a คือ ค่าสีแดง	เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง
		เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว
	b คือ ค่าสีเหลือง	เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
		เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ก่อนทำการวัดทุกครั้ง จึงวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การเตรียมตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามวิธีของ Pearson, 1981

ในการวิเคราะห์จะเตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น ร้อยละ 20 โดยชั่งตัวอย่างมา 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 70 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งตัวอย่างละลายหมด ถ้าละลายไม่หมดนำไปอุ่นให้ร้อน หรือใช้น้ำอุ่นช่วยในการละลาย หลังจากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร กรองสารละลายที่ได้ เก็บสารละลายส่วนที่กรองได้ไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) โดยวิธี Karl Fisher titration method (AOAC, 1995)

สารเคมีที่ใช้

1. Karl Fisher reagent โดยการละลายไอโอดีนจำนวน 63 กรัม ในไพริดีน(ในรูปปราศจากน้ำ) 110 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปแช่ไว้ในที่เย็นจัด ผ่านก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปอย่างช้า ๆ คนอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งน้ำหนักของสารละลายเพิ่มขึ้นอีก 32 กรัม ปล่อยสารละลายตั้งทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยเมธานอลที่ปราศจากน้ำ

สารละลายนี้ 1 มิลลิลิตร จะทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำประมาณ 5 มิลลิกรัม และต้องปรับมาตรฐาน (standardize) ทุกวัน การเติม Pyridinium hydriodide ลงไปจะช่วยให้สารละลายนี้คงตัวยิ่งขึ้น

2. สารละลายมาตรฐาน Water - methanol เตรียมสารละลายดังกล่าวให้มีน้ำจำนวน 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของเมธานอลที่ปราศจากน้ำ

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่บดละเอียดด้วยความรวดเร็วมาจำนวนหนึ่งซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งควรสมดุลกับ Karl Fisher reagent ประมาณ 20 มิลลิลิตร) เติมเมธานอลที่ปราศจากน้ำลงไป 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนแก่สารละลายจนเดือด และลดความร้อนลง ปล่อยให้ค่อยๆ เดือด 15 นาที ผ่านก๊าซไนโตรเจนลงไป แล้วไตเตรตสารละลายด้วย Karl Fisher reagent และทำการไตเตรตกลับกับสารละลายมาตรฐาน Water - methanol คำนวณหาปริมาณความชื้นในตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

การตรวจวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) ตามวิธีของ Pearson, 1981

เตรียมตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในรูปสารละลายความเข้มข้น ร้อยละ 10 นำ ตัวอย่างมาตรวจวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง ด้วยเครื่อง Microprocessor pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ตามวิธีของ Pearson, 1981

โดยวิธีวัดความถ่วงจำเพาะ

นำสารละลายตัวอย่างมาหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ขวดวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity bottle) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

วิธีการหาความถ่วงจำเพาะ

ชั่งหาน้ำหนักของขวดหาความถ่วงจำเพาะที่สะอาดและแห้งสนิท นำน้ำกลั่นหรือของเหลวตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง ค่อยๆ เทใส่ลงในขวดจนเต็ม ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ น้ำหรือของเหลวควรลดอุณหภูมิให้ต่ำลงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการวัดเล็กน้อย เมื่อใส่น้ำหรือของเหลวเต็มขวดแล้วปล่อยตั้งทิ้งไว้จนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ ปิดจุก ค่อยๆ เช็ดข้างๆ ขวดให้แห้งสนิทด้วยกระดาษทิชชู หรือกระดาษกรอง นำไปชั่งหาน้ำหนัก คำนวณหาน้ำหนักของน้ำหรือของเหลว ทำซ้ำ 2 - 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปคำนวณหาความถ่วงจำเพาะได้โดยกำหนดให้

$$d_t = \frac{W_1}{W}$$

W = น้ำหนักของน้ำ

W1 = น้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับน้ำ

d = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

t = อุณหภูมิที่ทำการวัด (20 องศาเซลเซียส)

จากนั้นคำนวณหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ จากสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละของแข็งที่ละลายได้ในสารละลาย (กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{\text{ค่าความถ่วงจำเพาะ} - 1}{0.00386}$$

$$\text{ร้อยละของแข็งที่ละลายได้} = \frac{\text{ของแข็งที่ละลายได้ในสารละลาย}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าซัลเฟต (Sulphated ash) ตามวิธีของ AOAC, 1995

ชั่งตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งประมาณ 5 กรัม ใส่ถ้วยครูซิเบิล (crucible) ที่สะอาดและทราบน้ำหนักแล้วนำไปเผาโดยใช้ตะเกียงบุนเซ่นจนไม่มีควันดำ นำไปเผาต่อในเตาเผาเถ้า (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว จากนั้นหยดกรดกำมะถันชนิดเข้มข้นลงในเถ้าให้ชุ่มทั่วกัน นำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวหรือน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นำไปชั่งน้ำหนัก รายงานผลในรูปร้อยละของเถ้าซัลเฟต

การหาวิเคราะห์ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid - insoluble ash) **ตามวิธีของ Pearson, 1981**

ชั่งตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง 5 กรัม ใส่ถ้วยครูซิเบิล (Crucible) ที่สะอาดและทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาโดยใช้ตะเกียงบุนเซนจนไม่มีควันดำ นำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว นำเถ้าที่ได้มาเติมกรดเกลือเจือจางความเข้มข้น ร้อยละ 10 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) จำนวน 25 มิลลิลิตร นำไปต้มเบาๆ ประมาณ 5 นาที กรองผ่านกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้าแล้วล้างตะกอนที่กรองได้บนกระดาษกรองให้ทั่วด้วยน้ำร้อน นำกระดาษกรองที่มีตะกอนไปใส่ในถ้วยครูซิเบิลใบเดิม แล้วนำไปเผาซ้ำในเตาเผาจนเป็นเถ้าอีกครั้งหนึ่งจนได้เถ้าสีขาวหรือน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งหาน้ำหนักเถ้าที่ได้รายงานผลในรูปร้อยละของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugars) ก่อนและหลังอินเวอร์ชั่น ตามวิธีของ Lane and Eynon (AOAC, 1995)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลาย Fehling no. 1

  ละลายคอปเปอร์ซัลเฟท (Copper sulfate pentahydrate : $CuSO_4.5H_2O$) จำนวน 34.639 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- สารละลาย Fehling no. 2

  ละลายโซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรท (Sodium potassium tartrate หรือ Rechelle salt : $KNaC_4O_6 . 4H_2O$) จำนวน 173 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร โดยขวดปรับปริมาตร

- สารละลายเมธิลีนบลูเข้มข้นร้อยละ 1

  ละลายเมธิลีนบลู 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่น (D_1)

ชั่งตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง 3.75 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

Preliminary titration

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร (ชนิดปลายงอ) ไล่ฟองอากาศให้หมด ปิเปตสารละลาย Fehling reagent ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย Fehling no. 1 และ Fehling no. 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กลงไป 2 - 3 เม็ด นำไปต้มให้เดือดบนตะเกียงบุนเซน ไตเตรตกับสารละลายน้ำตาล ตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมธิลีนบลูลงไป 1 - 2 หยด ไตเตรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือแต่ตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

Accurate titration

ปิเปตสารละลาย Fehling reagent ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย Fehling no. 1 และ Fehling no. 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กลงไป 2 - 3 เม็ด เติมสารละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ไตเตรตครั้งแรกประมาณ 1 - 2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมธิลีนบลูลงไป 1 - 2 หยด แล้วไตเตรตต่อจนสีฟ้าหายไปหมด โดยต้องไตเตรตให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ตั้งแต่เริ่มเดือด จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์หลังอินเวอร์ชั่น (D_2)

นำสารละลายน้ำตาลที่เหลือจากการไตเตรตหาน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วปรับปริมาตรส่วนผสม ทั้งหมดให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 โมล่าร์ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร แล้วทำการไตเตรตเช่นเดียวกับการหาน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่น

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ Lane and Eynon (AOAC, 1995)

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนและหลังเอินเวอร์ชั่นแล้ว สามารถหาปริมาณน้ำตาลซูโครสได้ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของน้ำตาลซูโครส} = \text{ร้อยละของผลต่าง } (D_2 - D_1) \times 0.95$$

โดยที่ D_1 = ร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดก่อนทำการอินเวอร์ชั่น

D_2 = ร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดหลังทำการอินเวอร์ชั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ตามวิธีของเรณู, 2537

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test Tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Heraeus : Model D - 6450 hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA - 300MIV, Japan)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Becto® Peptone , Difgo Laboratory, USA.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (Becto® Plate Count Agar, Difgo Labolatory, USA.)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำดีไอออไนซ์ 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด - ด่างสุดท้ายเท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในถุงพลาสติกปิดสนิท
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟแล้วตักตัวอย่างลูกกวาด 10 กรัม ใส่ลงในถุงสำหรับตีปั่น (Stomacher bag) เติมสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปั่น (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1})
3. เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 100 หรือ 10^{-2}

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอดย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ (1, 10^{-1}, 10^{-2}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายในเวลา 1 - 5 นาที
3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อลง

3. การบ่ม

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 34 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามีจำนวน Mesophilic aerobic bacteria ในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามวิธีของเรณู, 2537

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test Tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Heraeus : Model D - 6450 hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA - 300MIV, Japan)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Becto® Peptone , Difgo Laboratory, USA.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (Becto® Potato Dextrose Agar, Difgo Labolatory, USA.)
- สารละลายกรดตาร์ตาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำดีไอออไนซ์ 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วให้มีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายกรดตาร์ตาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดตาร์ตาริก 1.9 มิลลิลิตร)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในถุงพลาสติกปิดสนิท
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟแล้วตักตัวอย่างลูกกวาด 10 กรัม ใส่ลงในถุงสำหรับตีปั่น (Stomacher bag) เติมสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปั่น (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1})
3. เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 100 หรือ10^{-2}

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ (1, 10^{-1}, 10^{-2}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายในเวลา 1 - 2 นาที

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อลง

3. การบ่ม

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ± 3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาโคลิฟอร์มและอี โคไล (Coliforms and E. coli) โดยวิธี MPN (Most Probable Number Method) ตามวิธีของเรณู, 2537

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- หลอดทดลอง (Test tube) พร้อมหลอดเดอแฮม (Durham tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA - 300MIV, Japan)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Becto® Peptone , Difgo Laboratory, USA.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth (Becto® Brilliant Green Lactose Bile Broth, Difgo Laboratory, USA.)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth 40 กรัม ละลายในน้ำดี-ไอออไนซ์ 1 ลิตร
2. ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อลงในหลอดทดลองที่มีหลอดเดอแฮม
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด - ด่างสุดท้ายเท่ากับ 7.0 $\pm$ 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในถุงพลาสติกปิดสนิท
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟแล้วตักตัวอย่างลูกกวาด 10 กรัม ใส่ลงในถุงสำหรับตีปั่น (Stomacher bag) เติมสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปั่น (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1})
3. เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปบโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 100 หรือ 10^{-2}
4. ทำให้ตัวอย่างมีความเจือจาง 10^{-3} ด้วยวิธีเดียวกับข้อ 2 และ 3

1. การตรวจแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม (Presumptive coliforms)

1. เจือจางตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งด้วยสารละลายเปบโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
2. ดูดตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เจือจางแล้วจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอท (Brilliant Green Lactose Bile Broth) จำนวน 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 หลอด ดังนี้

ชุดที่ 1 ปิเปตตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จำนวน 5 หลอด ซึ่งในหลอดมีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอท หลอดละ 10 มิลลิลิตร

ชุดที่ 2 ปิเปตตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับเจือจาง 10^{-2} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จำนวน 5 หลอด ซึ่งในหลอดมีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอท หลอดละ 10 มิลลิลิตร

ชุดที่ 3 ปิเปตตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับเจือจาง 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จำนวน 5 หลอด ซึ่งในหลอดมีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอท หลอดละ 10 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บ่มหลอดเลี้ยงเชื้อในอ่างน้ำหรือตู้บ่มเชื้อที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หากหลอดเลี้ยงเชื้อมีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดเดอแฮม (Durham tube) แสดงว่าให้ผลบวก ซึ่งคาดว่ามีโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ตรวจ

การที่จะทราบว่ามีจำนวนโคลิฟอร์มในตัวอย่างจำนวนเท่าไรนั้น ให้เปิดตารางแมคคาร์ดี ซึ่งจะบอกจำนวนโคลิฟอร์มหรือแบคทีเรียในอาหาร 1 กรัม

2. การยืนยันโคลิฟอร์ม

1. ใช้ห่วง (loop) เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ปฏิกิริยาบอกจากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์มลงบนอาหารเลี้ยงเชื้ออีโอซินเมทีลีนบลูเอการ์ (Eosin methylene blue agar) ในจานเลี้ยงเชื้อ
2. บ่มเชื้อที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง
3. ตรวจหาโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์ม โดยโคโลนีของโคลิฟอร์มจะมีสีดำ หรือสีดำตรงกลางล้อมรอบด้วยบริเวณโปร่งใสไม่มีสี โคลิฟอร์มบางโคโลนีมีลักษณะนูนเปียกเยิ้ม (mucoid)
4. บันทึกจำนวนหลอดของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชุดที่มีเชื้อโคลิฟอร์มที่ได้รับการยืนยันแล้ว

3. การตรวจหาแบคทีเรียที่คาดว่าเป็น E. coli (Presumptive E. coli)

1. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อปลายตรงเขี่ยเชื้อจากหลอดทดสอบที่ได้ผลคาดว่ามีแบคทีเรียโคลิฟอร์มใส่ลงในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอท จำนวน 10 มิลลิลิตร หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ต้องอุ่นไว้ที่ 44.5 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้
2. ให้เขี่ยเชื้อ E. coli ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานลงในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนกรีนแลคโตสไบล์บรอทอีก 2 หลอด สำหรับเป็นหลอดเปรียบเทียบ (Control)
3. บ่มหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 44.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา48 ชั่วโมง
4. หลอดที่มีก๊าซเกิดขึ้น แสดงว่าในอาหารมีแบคทีเรียที่คาดว่าเป็น E. coli ให้เคาะหลอดทั้งหมดเบาๆ ก่อนตรวจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การยืนยัน *E. coli*

1. ให้เขี่ยเชื้อจากหลอดที่มีแบคทีเรียที่คาดว่าเป็น *E. coli* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้ออีโอซีน-เมทีลีนบลูเอการ์
2. บ่มจานเลี้ยงเชื้อที่ 37 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง
3. เขี่ยเชื้อโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะเป็น *E. coli* จากอาหารเลี้ยงเชื้อจานละโคโลนีลงในน้ำทริปโตน (Tryptone water) และบ่มในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 44.5 $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยลักษณะของโคโลนี *E. coli* จะมีลักษณะสีน้ำเงินอมดำตรงกลาง และมีสีเลื่อมมันอมเขียวสะท้อนแสง บางครั้งสีเลื่อมมันอาจไม่ปรากฏ
4. ถ่ายเชื้อ *E. coli* มาตรฐาน ในหลอดน้ำทริปโตน เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุม
5. ทดสอบสารอินโดล หลอดที่มีสารอินโดลเกิดขึ้น แสดงว่าเป็นเชื้อ *E. coli*
6. บันทึกจำนวนหลอดที่มี *E. coli*
7. ให้คำนวณและเขียนรายงานค่า MPN ของ coliform และ *E. coli* ในตัวอย่างลูกกวาดสมุนไพร 1 มิลลิลิตร
8. การทดสอบยืนยันเพิ่มเติมเกี่ยวกับ coliform และ E. coli ควรทดสอบเมทิลเรด (Methyl red) โวเกส - พรอสเกาเออร์ (Voges - Proskauer) และซิเตรต (Citrate test) โดยก่อนจะทดสอบปฏิกิริยาเหล่านี้ต้องแยกให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ก่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค. 1 ตารางแมคคราดี

แสดงความน่าจะเป็นของปริมาณแบคทีเรียที่ได้จากการประเมินโดยวิธีหลอดเจือจาง (Dilution tube technique) หรือค่าเอ็มพี - เอ็น (Most Probable Number) ในอาหาร 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร เทียบจากหลอดที่ให้ปฏิกิริยาบวก โดย 5 หลอด มีตัวอย่างอาหารเจือจางที่ 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร อีก 5 หลอด มีตัวอย่างอาหารเจือจางที่ 10^{-2} จำนวน 1 มิลลิลิตร และอีก 5 หลอด มีตัวอย่างอาหารเจือจางที่ 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง
5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.		5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	
0	0	0	0	3	0	1	11
0	0	1	2	3	0	2	13
0	0	2	4	3	1	0	11
0	1	0	2	3	1	1	14
0	1	1	4	3	1	2	17
0	1	2	6	3	3	3	20
0	2	0	4	3	2	0	14
0	2	1	6	3	2	1	17
0	3	0	6	3	2	2	20
1	0	0	2	3	3	0	17
1	0	1	4	3	3	1	21
1	0	2	6	3	4	2	21
1	0	3	8	3	4	1	24
1	1	0	4	3	5	0	25
1	1	1	6	4	0	0	13
1	1	2	6	4	0	1	17
1	2	0	6	4	0	2	21
1	2	1	8	4	0	3	25
1	2	2	10	4	1	0	17
1	3	0	8	4	0	1	21
1	3	1	10	4	1	2	26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค. 1 ตารางแมคคราดี (ต่อ)

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง
5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.		5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	
1	4	0	11	4	2	0	22
2	0	0	5	4	2	1	26
2	0	1	7	4	2	2	32
2	0	2	9	4	3	0	27
2	0	3	12	4	3	1	33
2	1	0	7	4	3	2	39
2	1	1	9	4	4	0	34
2	1	2	12	4	4	1	40
2	2	0	9	4	5	0	41
2	2	1	12	4	5	1	48
2	2	2	14	5	0	0	23
2	3	0	12	5	0	1	31
2	3	1	14	5	3	2	43
2	4	0	15	5	4	3	58
3	0	0	8	5	4	4	76
5	1	0	33	5	4	5	253
5	1	1	46	5	4	0	130
5	1	2	63	5	4	1	172
5	1	3	64	5	4	2	221
5	2	0	49	5	5	3	278
5	2	1	70	5	5	4	345
5	2	2	94	5	5	5	246
5	2	3	120	5	5	0	240
5	2	4	148	5	5	1	348

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค. 1 ตารางแมคคราดี (ต่อ)

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง
5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.		5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ 10^{-1} จำนวน 1 มล.	
5	2	5	177	5	5	2	542
5	3	0	79	5	5	3	920
5	3	1	109	5	5	4	1500
5	3	2	141	5	5	5	>1600
5	3	3	175				
5	3	4	212				

ที่มา : เรณู (2537)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved