



การศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิจากใบอ่อน ใบเพสลาดและใบแก่ของถั่วดาวอินคาเพื่อรองรับการผลิตใบชาเพื่อชุมชน ของจังหวัดนราธิวาส

A Comparative Study of Ability of Secondary Metabolites Production from *Sacha Inchi* Young, Immature and Mature Leaves to Support Tea Leaves Production of Communities in Narathiwat

รักษนก ภูวพัฒน์ ปร.ด. (Rugchanok Puwaphut, Ph.D.)¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาช่วงอายุที่เหมาะสมของใบถั่วดาวอินคา (ใบอ่อน, ใบเพสลาด และ ใบแก่) ต่อความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิ โดยสกัดสารจากใบถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ระยะ แล้วตรวจสอบชนิดของสารทุติยภูมิด้วยเทคนิค GC-MS ผลการศึกษาพบว่า ใบเพสลาดเป็นใบที่มีความสามารถผลิตสารทุติยภูมิได้หลากหลายชนิด ได้แก่ 2-Propanone, 1-hydroxy, 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl, 2,3-Dihydro-benzofuran, 4-Vinyl-syringol และ 2-Hexadecan-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl ไม่พบ 2-Methoxy-4-vinylphenol ในใบอ่อนและใบแก่ ในขณะที่ไม่พบ 2-Hexadecan-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ในใบแก่ สารที่พบทั้งหมดในการศึกษานี้เป็นสารที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา

คำสำคัญ: สารทุติยภูมิ ใบถั่วดาวอินคา นราธิวาส

Abstract

The objective of this study was to investigate the suitability of *sacha inchi* young, immature and mature leaves based on the ability of secondary metabolite production. This was extracted from 3 types of leaves and was verified by GC-MS technique. The study found that as far as the immature leaves were concerned, they could produce various secondary metabolites which included 2-Propanone, 1-hydroxy, 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl, 2,3-Dihydro-benzofuran, 4-Vinyl-syringol, 2-Methoxy-4-vinylphenol and 2-Hexadecan-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl. However, 2-Methoxy-4-vinylphenol was not found in both the young and the mature leaves. In the same vein, 2-Hexadecan-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl and 2-Methoxy-4-vinylphenol were also not found in the mature leaves. In addition, all of the secondary metabolites found in this study have pharmacological properties.

Keywords: Secondary metabolite, *Sacha inchi* leave, Narathiwat

¹ อาจารย์ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

บทนำ

พืชหลายชนิด เช่น ข้าว, ข้าวโพด และยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้ต้นทุนสูง ดูแลยาก ในขณะที่ถั่วดาวอินคา (*Plukenetia volubilis*) หรือ sachal inchi หรือรู้จักกันในนาม โอเมก้าบนดิน เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดจากบริเวณลุ่มแม่น้ำอเมซอน ประเทศเปรู ทวีปอเมริกาใต้ อยู่ในแฟมิลี Euphorbiaceae สายพันธุ์ Plukenetia ภาษาท้องถิ่นเรียกว่าอุนส์เซียหรือแบริ่ง มีลักษณะสีเขียวสดเมื่อยังอ่อน และสีน้ำตาลเข้มเมื่อฝักแก่เต็มที่ มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เป็นพืชที่มีประโยชน์ทุกส่วน เป็นแหล่งของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Chrisnos et al., 2013) โดยเฉพาะสาร โอเมก้า 3 (Maurer, Sakoda, Chagman & Saona, 2012) โอเมก้า 6 และโอเมก้า 9 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โปรตีน (Chirinos, Pedreschi, Domingue & Campos, 2015) และกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ปัจจุบันถั่วชนิดนี้เป็นที่ต้องการของตลาดโลกเป็นอย่างมาก สามารถแปรรูปเป็นน้ำมัน อาหารเสริม เครื่องสำอาง นอกจากนี้ใบของถั่วดาวอินคาสามารถนำมาแปรรูปเป็นชาหรือนำไปสกัดเอากลูโคไซด์ ปัจจุบันเริ่มมีการปลูกถั่วอินคากันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ปลูกได้ดีที่อุณหภูมิ 10-36 °C ลงทุนเพียงครั้งเดียว เก็บเกี่ยวผลประโยชน์ได้ถึง 60 ปี สร้างรายได้สูงถึงไร่ละ 1 แสนบาทต่อปี ใช้ระยะเวลาปลูกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตแค่ 6-8 เดือน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี และสามารถเก็บเกี่ยวฝักแห้งได้ยาวนานถึง 15-50 ปี ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น ดังนั้น ถั่วดาว อินคาจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจในยุคปัจจุบัน เมล็ดถั่วอินคาเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) โดยเฉพาะ α -linolenic และ linoleic (Chirinos et al., 2015; Hanssen & Hubsch, 2011 & Maurer et.al., 2012) และกรดไขมันที่จำเป็น กรดไขมันที่จำเป็นเป็นตัวกลางในการสังเคราะห์สารที่สำคัญในร่างกายมนุษย์ เช่น prostaglandin E1 และอนุพันธ์ของมัน (Fanali et al., 2011), ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (cardiovascular disease) ต่อด้าน rheumatoid arthritis มะเร็ง และป้องกันไวรัส (Maurer et.al., 2012) โทโคฟีรอล (tocopherols) (Souza et al., 2013) ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) (Hanssen & Hubsch, 2011) สารโทโคฟีรอลและฟลาโวนอยด์จากถั่วดาวอินคาช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและโรคมะเร็ง (Souza et al., 2013) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Chirinos et al., 2013) ในส่วนของเปลือกและเมล็ดพบกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคุณสมบัติ anti-atherogenic, anti-thrombogenic และ hypercholesterolemic effect ถั่วชนิดนี้เป็นแหล่งของน้ำมัน (35-60%) และโปรตีน (27%) ในปริมาณสูง โดยเฉพาะโปรตีนชนิด albumin ที่ละลายน้ำได้ จะพบเป็น 1 ใน 3 ของโปรตีนทั้งหมด (Hanssen & Hubsch, 2011) พบกรดอะมิโนประเภทซิสเตอีน (cysteine) ไทโรซีน (tyrosine) ทรีโอนีน (threonine) และ ทริปโตเฟน (tryptophan) จากเมล็ดของถั่วดาวอินคา (Maurer et.al., 2012) นอกจากนี้ยังพบสาร tocopherols, carotenes, polyphenolic compound, phytosterol และ cysteine (Chirinos et al., 2013 & Fanali et al., 2011) ใบใช้ปรุงอาหารและบริโภค เมล็ดใช้รักษาโรค (Chirinos et al., 2013) ส่วน phytosterols ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดและลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Chirinos et al., 2013) tocopherols ที่พบในปริมาณสูง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่รุนแรง (strong antioxidant activity), ป้องกันการเกิด lipid oxidation ในเนื้อเยื่อและในอาหาร ใบของถั่วดาวอินคา มีสารเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) ซาโปนิน (saponin) ฟีนอลิก (phenolic) และสารอื่นๆที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง (antiproliferative activity) (Souza et al., 2013) ที่น่าสนใจ คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งนี้มีการศึกษาค้นพบในใบของถั่วอินคา (Nascimento et al., 2013)

จากคุณค่าที่มากมายของใบถั่วดาวอินคา จึงเป็นพืชที่ควรส่งเสริมให้ท้องถิ่นปลูกนอกเหนือจากการทำสวนยาง เพื่อช่วยเพิ่มอาชีพและรายได้ให้กับเกษตรกรโดยเฉพาะในพื้นที่ ต.กาลิชา อ.ระแงง จ.นราธิวาส เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากสถานการณ์ความไม่สงบในภาคใต้ ทำให้รายได้ของชาวเกษตรกรต่ำลง เนื่องจากขาดความเชื่อมั่นและวิตกต่อความปลอดภัย



ในการออกไปกรีดยางในเวลาเช้าของทุกวัน ประกอบกับราคายางพาราในปัจจุบันลดลงอย่างรวดเร็ว ไม่สามารถควบคุมราคาได้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อชาวสวนยางในพื้นที่ดังกล่าว จากงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยต้องการตรวจสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากชิ้นส่วนใบอ่อน, ใบเพสลาด (ใบที่อยู่ในช่วงอายุระหว่างอ่อนกับแก่) และใบแก่ ว่าใบชนิดใดให้ทั้งปริมาณและคุณค่าดีที่สุด ในส่วนของใบ สามารถนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแล้วทำเป็นผลิตภัณฑ์ใบชาท้องถิ่นที่มีคุณค่าต่อสุขภาพของผู้บริโภคเพื่อ ดัดแปลงเป็นสินค้าท้องถิ่น จำหน่ายสู่ท้องตลาด สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา

เก็บตัวอย่างใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ ของถั่วดาวอินคาจากกระถาง ที่ผู้วิจัยได้ปลูกไว้ในห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

2. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive Compound Extraction)

ใช้เมทานอล (HPLC grade) ความเข้มข้น 70% โดยปริมาตร มาสกัดสารทุติยภูมิจากใบทั้ง 3 ระยะ ของถั่วดาวอินคา (ใบอ่อน, ใบเพสลาด และใบแก่) โดยสกัดไล่หลอดไมโครเซนตริฟิวซ์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นขยายบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารละลายส่วนใส (สารสกัด) ไปยังหลอดไมโครเซนตริฟิวซ์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำสารไปตรวจสอบการผลิตรายทุติยภูมิทันที

3. การตรวจสอบสารทุติยภูมิ (Secondary Metabolite Detection) ด้วยเทคนิค GC-MS

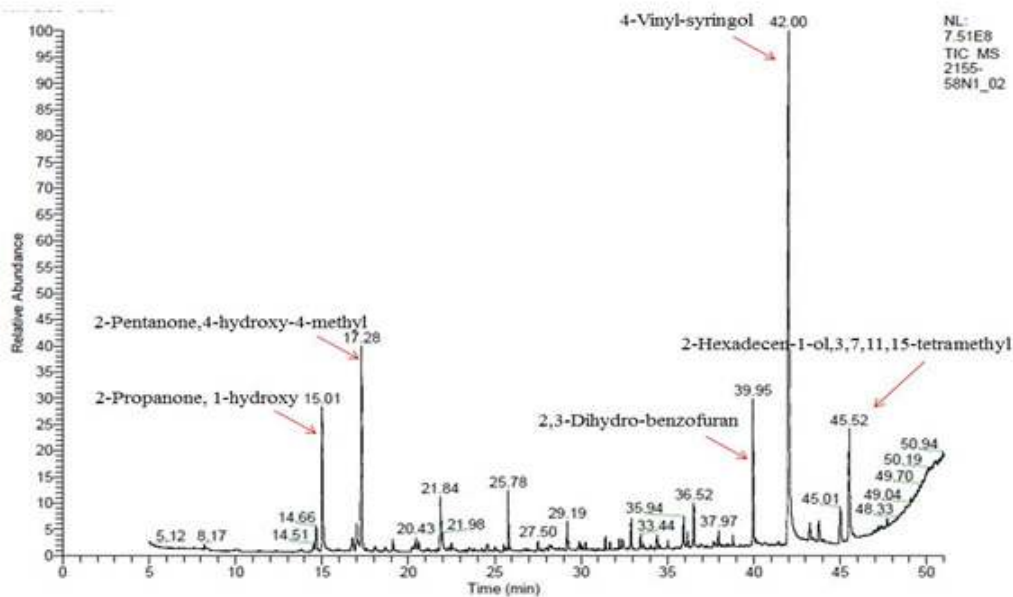
ใช้เทคนิค GC-MS ในการตรวจสอบสารสกัดเชิงคุณภาพ โดยวิธีของ Bowman et al., (1977) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำจากการสกัด 1 ครั้ง

ผลการวิจัย

ผลการตรวจสอบความสามารถในการผลิตรายทุติยภูมิของใบถั่วดาวอินคาในระยะใบอ่อน พบสาร 5 ชนิดที่มีค่า retention time ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) โดยพบ 4-Vinyl-syringol ($R_t = 42.00$) ในปริมาณที่สูงที่สุด (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การจำแนกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบอ่อนของใบถั่วดาวอินคา

Retention time	Bioactive Compound
15.01	2-Propanone, 1-hydroxy
17.28	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl
39.95	2,3-Dihydro-benzofuran
42.00	4-Vinyl-syringol
45.52	2-Hexadecen-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl

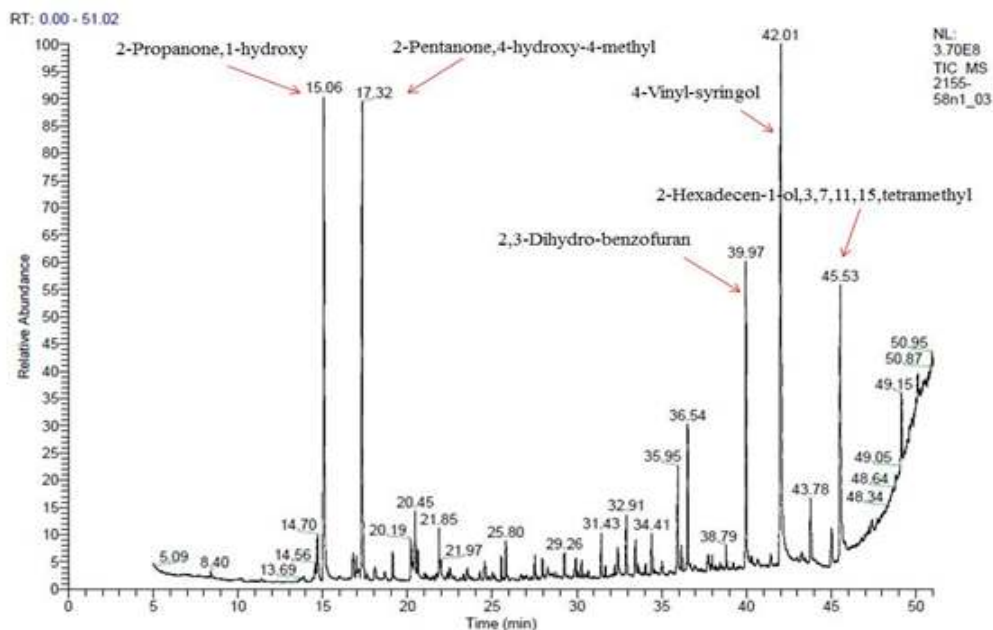


ภาพที่ 1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สร้างจากใบอ่อนถั่วดาวอินคา

ในใบถั่วดาวอินคากระยะเฟสลาด พบสารทุติยภูมิ 5 ชนิด (ตารางที่ 2) โดยพบสาร 2-Propanone, 1-hydroxy, 2-Propanone,1-hydroxy, 2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl และ 4-Vinyl-syringol ในปริมาณสูง (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 การจำแนกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบระยะเฟสลาด (Medium leaf) ของใบถั่วดาวอินคา

Retention time	Bioactive Compound
15.06	2-Propanone, 1-hydroxy
17.32	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl
39.97	2,3-Dihydro-benzofuran
42.01	4-Vinyl-syringol
45.53	2-Hexadecen-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl

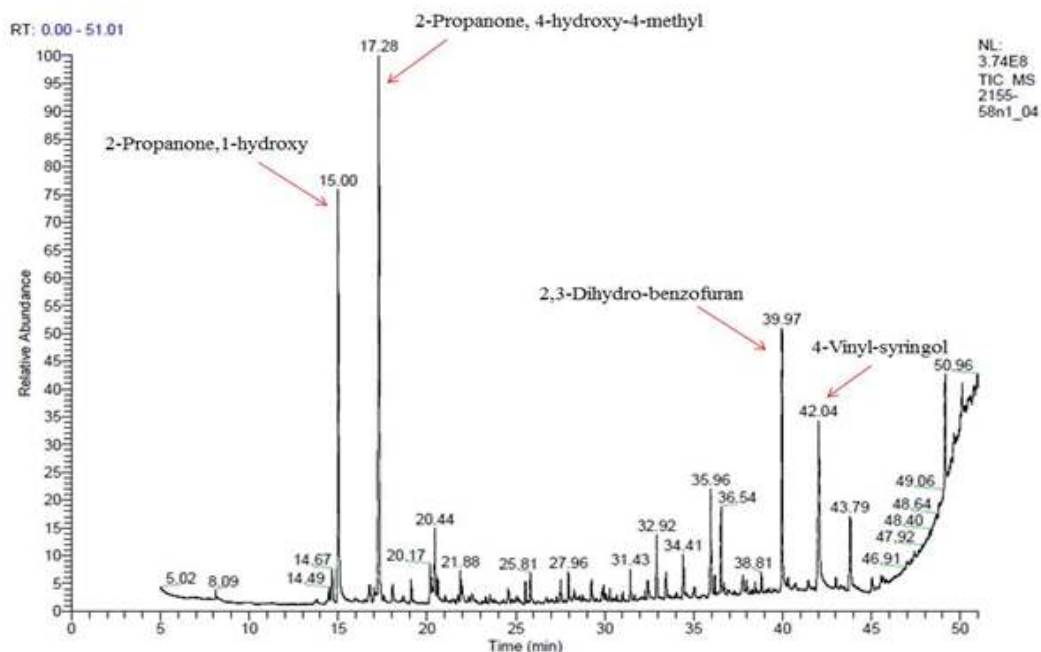


ภาพที่ 2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สร้างจากใบพลูดของถั่วดาวอินคา

ในใบแก่ของถั่วดาวอินคา พบสารทุติยภูมิ 4 ชนิด (ตารางที่ 3) โดยพบ 2-Propanone,1-hydroxy และ 2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl ในปริมาณสูง (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 การจำแนกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบแก่ของใบถั่วดาวอินคา

Retention time	Bioactive Compound
15.00	2-Propanone,1-hydroxy
17.28	2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl
39.97	2,3-Dihydro-benzofuran
42.02	4-Vinyl-syringol



ภาพที่ 3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สร้างจากใบแก้วของถั่วดาวอินคา

จากผลการวิจัย พบสาร 2-Propanone,1-hydroxy, 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl, 2,3-Dihydro-benzofuran และ 4-Vinyl-syringol จากใบทั้ง 3 ระยะของใบถั่วดาวอินคา ในขณะที่พบสาร 2-Hexadecen-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl ในใบอ่อนและใบเพสลาด เท่านั้น และพบสาร 2-Methoxy-4-vinylphenol ในใบเพสลาดของถั่วดาวอินคาเท่านั้น (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบสารที่ตรวจพบจากใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ ของใบถั่วดาวอินคา

สารทุติยภูมิ	ระยะของใบถั่วอินคา		
	ใบอ่อน	ใบเพสลาด	ใบแก่
2-propanone,1-hydroxy	√	√	√
2-pentanone,4-hydroxy-4-methyl	√	√	√
2,3-dihydro-benzofuran	√	√	√
4-vinyl-syringol	√	√	√
2-hexadecen-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl	√	√	-
2-methoxy-4-vinylphenol	-	√	-



อภิปรายผล

จากการศึกษาความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิของใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ของถั่วดาวอินคา พบสาร 5 ชนิด คือ 2-Propanone,1-hydroxy, 2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl, 2,3-Dihydroxy-benzofuran, 4-Vinyl-syringol และ 2-Hexadecan-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl แต่ไม่พบ 2-Hexadecan-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl ในใบแก่ พบสาร 4-Vinyl-syringol ในปริมาณที่สูงในใบอ่อน ในใบแก่ พบสาร 2-Propanone,1-hydroxy, 2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl และ 4-Vinyl-syringol ในปริมาณสูงในใบเพสลาด ส่วนในใบแก่พบสาร 2-Propanone,1-hydroxy,2-Propanone,4-hydroxy-4-methyl ในปริมาณสูง สารทุติยภูมิที่พบ มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ 2-Propanone,1-hydroxy หรือ Acetol พบในปริมาณต่ำในใบอ่อนของถั่วดาวอินคา แต่พบในปริมาณสูงในใบเพสลาดและใบแก่ของถั่วดาวอินคา สารทุติยภูมิชนิดนี้เป็นสารที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้กลิ่นแก่อาหาร ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง เป็นเป็นสารที่ช่วยละลายของสี (Mohamad, Awang & Yunus, 2011; Yao, Liu, Hu, Wood & Zhang, 2015) ในทำนองเดียวกัน สาร 2-Pentanone,4-hydroxy-4-methyl ตรวจพบในปริมาณต่ำในใบอ่อนของถั่วดาวอินคา และพบในปริมาณสูงในใบเพสลาด และใบแก่ของถั่วดาวอินคา สารดังกล่าวใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม (Zheng, Ng & Rempel, 2003) สาร Phyton หรือ 2-Hexadecan-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl ซึ่งพบในปริมาณต่ำของใบถั่วดาวอินคาที่อ่อนและระยะเพสลาด แต่กลับไม่พบในใบแก่ของถั่วดาวอินคา เป็นสารที่มีบทบาทในขบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) (Zhang et al., 2014) ใช้ในการผลิตวิตามิน E และวิตามิน K คุณสมบัติที่น่าสนใจคือ Phyton มีคุณสมบัติเป็น Antimycobacterial (Rajob, Cantrell, Franzblau & Fischer, 1998) ในใบทุกระยะของถั่วดาวอินคา พบสาร 2,3-Dihydro-benzofuran ในปริมาณต่ำ สารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการรักษาโรคเบาหวานและโรคไขข้อ (Sen & Batra, 2012) นอกจากนี้ยังพบว่า สาร 4-Vinyl-syringol หรือ Canolol ซึ่งพบในปริมาณสูงในถั่วอินคาในระยะอ่อนและ ใบเพสลาด แต่พบสารดังกล่าวในปริมาณต่ำในใบแก่ สาร 4-Vinyl-syringol เป็นสารประเภทฟีโนลิก มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Wang et al., 2014), Antifeedant, Attractants และ มีคุณค่าทางอาหาร (Kraljic et al., 2015)

สารประกอบที่พบในใบระยะต่างๆของถั่วดาวอินคา สามารถนำมาเป็นความรู้พื้นฐาน เพื่อเลือกใช้ใบถั่วอินคาในช่วงอายุที่เหมาะสม มาดัดแปลงเป็นชาจากใบถั่วอินคา แต่พบสารที่มีประโยชน์ในปริมาณสูงในใบอ่อนและใบเพสลาดของถั่วดาวอินคา สามารถเลือกใบถั่วดาวอินคาช่วงอายุดังกล่าว มาเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยการทดลองนี้ สามารถสร้างคุณค่าและสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านในชุมชนของจังหวัดนราธิวาสต่อไป

สรุป

ใบอ่อน, ใบเพสลาด และใบแก่ของถั่วดาวอินคา มีความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิที่มีประโยชน์ในรูปแบบและปริมาณที่แตกต่างกัน สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการพิจารณาเลือกช่วงอายุที่เหมาะสมของถั่วดาวอินคา เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตชา เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัดนราธิวาส ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ สามารถนำใบถั่วดาวอินคาในระยะที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในการผลิตชา เพื่อเป็นสินค้าประจำท้องถิ่น สร้างรายได้ให้กับประชาชน



รายการอ้างอิง

- Bowman, J.M., Braxton, M.S., Churchill, M.A., Hellie, J.D., Starrett, S.J., Causby, G.Y., ... Butcher, D.J. (1977). Extraction method for the isolation of terpenes from plant tissue and subsequent determination by gas chromatography. **Microchemical Journal**, **56**, 10-18.
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Dominguez, G. & Campos, D. (2015). Comparison of the physio-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. **Food Chemistry**, **173**, 1203-1206.
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y. & Campos, D. (2013). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, **141**, 1732-1739.
- Fanali, C., Dugo, L., Cacciola, F., Beccaria, M., Grasso, S., Dacha, M., Dugo, P. & Mondello, L. (2011). Chemical characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **59**, 13043- 13049.
- Hanssen, H.P. & Hubsch, M.S. (2011). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. **Nuts & Seeds in health and disease prevention**, 991-994.
- Kraljic, K., Skevin, D., Barisic, L., Kovacevic, M., Obranic, M. & Jurcevic, I. (2015). Change in 4-vinylsyringol and other phenolics during rapeseed oil refining. **Food Chemistry**, **187**, 236-242.
- Maurer, N.E., Sakoda, B.H., Chagman, G.P. & Saona, L.E.R. (2012). Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acid, sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. **Food Chemistry**, **134**, 1173-1180.
- Mohamad, M.H., Awang, R. & Yunus, W.M.Z.M. (2011). A review of acetol: application and production. **American Journal of Applied Sciences**, **8**(11), 1135-1139.
- Nascimento, A.K.L., Silveira, R.F.M., Santos, N.D., Fernandes, J.M., Zucolotto, S.M., Rocha, H.A.O.R. & Scortecchi, K.C. (2013). Antioxidant and antiproliferative activities of leaf extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). **Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine**, 1-10.
- Rajob, M.S., Cantrell, C.L., Franzblau, S.G. & Fischer, N.H. (1998). Antimycobacterial activity of (E)-phytol and derivative: a preliminary structure - activity study. **Planta medica**, **64**(1), 2-4.
- Sen, A. & Batra, A.A. (2012). Chemical composition of methanol extract of the leaves of *Melia azedarach* L., **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, **5**(3), 42-45.
- Souza, A.H.P., Gohara, A.K., Rodrigues, A.C., Souza, N.E., Visentainer, J.V. & Matsushita, M. (2013). Sacha inchi as potential source of essential fatty acids and tocopherols: multivariate study of nut and shell. **Acta Scientiarum**, **35**, 757-763.
- Wang, X.Y., Yang, D., Zhang, H., Jia, C.H., Shin, J.A., Hong, S.T., ... Lee, K.T. (2014). Antioxidant activity of soybean oil containing 4-vinylsyringol obtained from decarboxylated sinapic acid. **Journal of the American Oil Chemist Society**, **91**, 1543-1550.



- Yao, R., Liu, Q., Hu, H., Wood, T.K. & Zhang, X. (2015). Metabolic engineering of *Escherichia coli* to enhance acetol production from glycerol. **Appl Microbiol Biotechnol**, **99**, 7945-7952.
- Zhang, W., Liu, T., Ren, G., Hortensteiner, S., Zhou, Y., Cahoon, E.B. & Zhang, C. (2014). Chlorophyll degradation: the tocopherol biosynthesis related phytol hydrolase in *Arabidopsis* seeds is still missing. **Plant Physiology**, **166**, 70-79.
- Zheng, Y., Ng, F.T.T. & Rempel, G.L. (2003). Process analysis for the production of diacetone alcohol via catalytic distillation. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, **42**, 3962-3972.