

การประเมินคุณภาพทางชีวภาพ กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง
(*Citrus maxima* Merr.) จากอำเภอลำดวน จังหวัดแพร่ เพื่อยืนยันอัตลักษณ์ตามสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์
Integrated Assessment of Biological, Physical, Chemical, and Sensory Qualities of “Khao Nam Phueng
Muang Long” Pomelo (*Citrus maxima* Merr.) from Wang Chin District, Phrae Province, Thailand for
Geographical Indication Authentication

ณัฐพร จันทร์ฉาย^{1*} ทรงอำนาจ พงษ์สมบุญ² และอัญญา บุญประจบ¹

Nuttaporn Chanchay^{1*} Songamnat Pongsomboon² and Ansaya Boonpajaub¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ 54140

¹Department Agro-industrial Biotechnology, Maejo University Phare Campus, Rongkwang, Phare 54140

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

²Department of Biological Science, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190

* Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

(Received: 27 February 2026; Revised: 26 May 2026; Accepted: 23 June 2026)

Abstract

This study assessed the integrated quality attributes of Khao Nam Phueng Muang Long pomelo (*Citrus maxima* Merr.) cultivated in Wang Chin district, Phrae province, Thailand, with the aim of verifying cultivar identity and evaluating its conformity with Geographical Indication (GI) standards. Thirty pomelo fruits collected from six orchards were analyzed for biological, physical, chemical, and sensory characteristics. Biological assessment focused on the origin of scion materials, while physical quality parameters included fruit weight, shape, and oil gland density. Chemical analyses comprised total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, TSS/TA ratio, and total carotenoid content. Sensory evaluation was conducted by 30 untrained panelists using a hedonic scale. All samples originated from a single scion source, confirming their classification as the Khao Nam Phueng cultivar. The fruits exhibited superior physical characteristics relative to GI reference criteria, with mean fruit weights ranging from 1.83 to 1.97 kg and a distinctive high round shape typical of the cultivar. In contrast, chemical attributes varied among orchards. Mean TSS values ranged from 6.46 to 8.74 °Brix, which were below the GI threshold (>9 °Brix), while pH values were slightly higher than reference levels. The TSS/TA ratio showed substantial variability across samples. Sensory evaluation revealed differences in consumer acceptability, with samples SO1 and SO4 receiving the highest preference scores. Overall, Khao Nam Phueng Muang Long pomelo displayed a clear cultivar identity and distinctive physical attributes, while chemical and sensory variability highlighted the need for orchard-level management to support GI standardization.

Keywords: Khao Nam Phueng Muang Long pomelo, physical quality, chemical quality, sensory evaluation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินคุณภาพแบบบูรณาการของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง (*Citrus maxima* Merr.) จากอำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ ทั้งด้านชีวภาพ กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เพื่อยืนยันอัตลักษณ์และคุณลักษณะเฉพาะตามสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ตัวอย่างส้มโอจำนวน 30 ผล จาก 6 แปลงปลูก ถูกวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพในด้านแหล่งที่มาของกิ่งพันธุ์ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักผล ทรงผล และความหนาแน่นของต่อมน้ำมัน คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ความเป็นกรดที่ไตเตรตได้ (TA) ค่า pH อัตราส่วน TSS/TA และปริมาณแคโรทีนอยด์รวม รวมถึงการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบ 30 คน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ส้มโอทั้ง 6 แปลง มีที่มาของกิ่งพันธุ์จากแหล่งเดียวกันที่ยืนยันว่า เป็นสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ส้มโอคุณภาพทางกายภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน GI (น้ำหนักผล 1.83 - 1.97 กิโลกรัม) และมีทรงผลกลมมนสูงตามลักษณะพันธุ์ในทางเคมี ค่า TSS เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.46 - 8.74 °Brix ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ GI (>9 °Brix) ค่า pH เฉลี่ยสูงกว่าค่าอ้างอิงเล็กน้อย และอัตราส่วน TSS/TA มีความผันแปรสูง การประเมินประสาทสัมผัสพบความแตกต่างในความชอบโดยตัวอย่าง SO1 และ SO4 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองมีคุณสมบัติทางกายภาพโดดเด่นและอัตลักษณ์เฉพาะพันธุ์ แม้จะมีความผันผวนทางเคมีและประสาทสัมผัสในบางตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นฐานวิทยาศาสตร์ในการกำหนดเกณฑ์และมาตรฐานสำหรับการขึ้นทะเบียน GI ของส้มโอขาวน้ำผึ้งจังหวัดแพร่ต่อไป

คำสำคัญ: ส้มโอขาวน้ำผึ้ง คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี การประเมินประสาทสัมผัส

คำนำ

ส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคกลางตอนบน ซึ่งมีภูมิอากาศและสภาพดินเหมาะสมต่อการผลิตผลไม้คุณภาพสูง (Office of the Permanent Secretary, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2024) ส้มโอมีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจ การส่งออก และการอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่น โดยเฉพาะ “ส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง” ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นถิ่นสำคัญของจังหวัดแพร่ ลักษณะเด่นของผลประกอบด้วยทรงผลค่อนข้างกลมมนสูง ก้นผลเรียบ เมื่อแก่จัด ผิวเปลือกเรียบและมีต่อมน้ำมันขนาดใหญ่และกระจายห่างชัดเจน ผลแก่มีสีเขียวอมเหลือง เนื้อกึ่งใหญ่สีคล้ายน้ำผึ้ง เนื้อแน่น แท่งไม่ฉ่ำน้ำ และรสชาติหวานอมเปรี้ยว ไม่ฝื่อน ไม่ขม และไม่ขำลิ้น (Phrae Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2026)

การกระจายพันธุ์ของส้มโอขาวน้ำผึ้งในจังหวัดแพร่ พบว่า สามารถจำแนกแหล่งที่มาได้เป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ การเริ่มปลูกภายในพื้นที่อำเภอลองตั้งแต่

ปี พ.ศ. 2508 และการนำพันธุ์จากภายนอกพื้นที่เข้ามาปลูกในปี พ.ศ. 2525 ก่อนมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังหลายพื้นที่สำคัญในจังหวัด เช่น ห้วยอ้อ แม่ปาน และบ้านปิน รวมถึงการกระจายไปยังอำเภอวังชิ้น การแพร่กระจายของพันธุ์ในลักษณะดังกล่าวส่งผลให้เกิดความหลากหลายเชิงพื้นที่ของส้มโอขาวน้ำผึ้ง (Department of Intellectual Property, 2025)

การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) เป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มและรักษาอัตลักษณ์ของผลผลิตทางการเกษตร โดยเชื่อมโยงคุณภาพและชื่อเสียงของผลิตภัณฑ์เข้ากับแหล่งภูมิศาสตร์เฉพาะ (World Intellectual Property Organization (WIPO), 2021) สำหรับส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง การขอขึ้นทะเบียน GI จำเป็นต้องมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณลักษณะเฉพาะของผลผลิต ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์ เช่น ดิน ภูมิอากาศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล และภูมิปัญญาท้องถิ่นในการดูแลสวน (Office of the

Permanent Secretary, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2024)

คุณภาพของผลไม้ที่สะท้อนภูมิศาสตร์เฉพาะถิ่นสามารถประเมินได้หลายมิติ งานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่า ลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลไม้ เช่น ความหวาน (TSS) ความเป็นกรด (pH) และองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหย มีความสัมพันธ์กับคุณภาพผลผลิตและความพึงพอใจของผู้บริโภค (Kader, 2008) สำหรับส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง มิติที่สำคัญประกอบด้วยคุณสมบัติทางชีวภาพ เช่น การใช้พันธุ์แท้จากแหล่งท้องถิ่น คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ขนาดและรูปร่างผล น้ำหนัก ความหนาเปลือก และความหนาแน่นของต่อมน้ำมัน คุณสมบัติทางเคมี เช่น ความหวาน ความเป็นกรด และสมดุลกรด-น้ำตาล รวมถึงองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหย และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส

แม้ว่างานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพผลไม้และ GI จะมีอยู่บ้าง แต่ยังไม่มีการศึกษาเชิงระบบที่ประเมินคุณสมบัติชีวภาพ กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองจากหลายพื้นที่ปลูกในจังหวัดแพร่ ช่องว่างความรู้นี้ทำให้การกำหนดมาตรฐานสำหรับการขึ้นทะเบียน GI ยังไม่สมบูรณ์

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินคุณภาพทางชีวภาพ กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองจากพื้นที่อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอธิบายอัตลักษณ์ของผลผลิต และสนับสนุนการประเมินศักยภาพเชิงสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการขึ้นทะเบียน GI ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบการเก็บตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) จากแหล่งปลูกในอำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกษตรกรอยู่ระหว่าง

กระบวนการขอขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) จำนวน 6 ราย แปลงปลูกต่อเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงโดยใช้วิธี Quadrat Sampling Method (Christman, 2000) โดยเก็บผลส้มโอจากต้นละ 1 ผล จำนวน 5 ผลต่อแปลง ทำให้ได้ตัวอย่างรวมทั้งหมด 30 ผล ผลส้มโอที่เก็บจะอยู่ในระยะสุกแก่พร้อมบริโภค (maturity index 80 - 90%) อายุประมาณ 200 - 300 วันหลังออกดอก และไม่มีรอยช้ำหรือการปนเปื้อนโรค หลังการเก็บจะบรรจุกล่องและขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ทางชีวภาพ

เพื่อยืนยันว่า ผลส้มโอเป็นพันธุ์แท้ของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง การศึกษานี้ใช้การสืบประวัติสายพันธุ์และข้อมูลจากแหล่งปลูก โดยสอบถามเกษตรกรเกี่ยวกับแหล่งต้นตอส้มโอ พันธุ์ที่ใช้ปลูก อายุของต้น และวิธีการดูแลสวนตามภูมิปัญญาท้องถิ่น นอกจากนี้ ยังตรวจสอบเอกสารการปลูกและทะเบียนพันธุ์ในพื้นที่ การเก็บข้อมูลเชิงประวัติศาสตร์และชีวภาพนี้ช่วยยืนยันความเป็นพันธุ์แท้ของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพดำเนินการตามหลักการทั่วไปของ International Organization for Standardization 2173:2003 (International Organization for Standardization, 2003) โดยพิจารณาตัวแปรสำคัญได้แก่

น้ำหนักผล (fruit weight) ซึ่งด้วยตาชั่งขนาด 10 กิโลกรัม ที่ได้มาตรฐานจากสำนักงานชั่งตวงวัดกระทรวงพาณิชย์ ผลส้มโอที่ได้มาตรฐานต้องมีน้ำหนักมากกว่า 1.5 กิโลกรัม

ขนาดและทรงผล (fruit size and shape) วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของผล และประเมินทรงผลจากอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองต้องมีค่ามากกว่า 1.0

ลักษณะผิวและต่อมน้ำมัน (peel and oil glands) ตรวจสอบด้วยกล้องแว่นขยาย และบันทึกภาพถ่ายความละเอียดสูง เพื่อบันทึกจำนวนต่อมน้ำมันต่อตารางเซนติเมตร โดยส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองที่ได้มาตรฐานมีจำนวนไม่เกิน 25 ต่อตารางเซนติเมตร

สีผิวผล วัดด้วยเครื่อง Colorimeter (ColorFlex EZ, HunterLab, Reston, VA, USA) ให้ค่าพารามิเตอร์ L^* a^* b^* หรือ Chroma (C^*) และ Hue angle

ค่าการวัดซ้ำทั้งหมดทำ 3 ครั้งต่อผลและบันทึกผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ทางเคมี

การประเมินคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองดำเนินการตามมาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (AOAC International, 2019) ดังนี้

Total Soluble Solids (TSS, องศาบริกซ์) วัดด้วยเครื่อง Refractometer แบบดิจิทัล (Atago, Japan) โดยอ้างอิงตาม AOAC Official Method 932.12

pH วัดด้วยเครื่องวัด pH แบบตั้งโต๊ะ (FiveEasy™ pH F20, Switzerland) ตาม AOAC Official Method 981.12

Titrateable Acidity (TA) ไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH 0.1 นอร์มอลโดยใช้ phenolphthalein เป็นตัวบ่งชี้ และคำนวณเป็น เปอร์เซ็นต์ Citric acid โดยอ้างอิงตาม AOAC Official Method 942.15

อัตราส่วน TSS/TA ใช้ประเมินสมดุลรสชาติ (sweetness-acidity balance) ผลส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองที่ได้มาตรฐานมีค่า 20 - 25

ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (Total carotenoids) วัดด้วย spectrophotometry ที่ 450 นาโนเมตร แสดงเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อผล โดยอ้างอิงวิธีที่ประยุกต์จาก Foss *et al.* (1984)

การวัดซ้ำทั้งหมดทำ 3 ครั้งต่อผลและบันทึกผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสใช้ 9-point Hedonic Scale (Peryam and Pilgrim, 1957) มีผู้ทดสอบ 30 คน ซึ่งได้รับการฝึกให้เข้าใจเกณฑ์การประเมินลักษณะเฉพาะของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง ได้แก่ รสหวานอมเปรี้ยว ไม่ฝืด ไม่ขม ไม่ซ่าลิ้น เนื้อแน่น เนื้อนุ่ม เนื้อเหนียว สีคล้ายน้ำผึ้ง เนื้อแห้งไม่ฉ่ำน้ำ รสสัมผัสกรอบ กลิ่นหอม และความชอบโดยรวม (overall liking) ตัวอย่างถูกเตรียมเป็นชิ้นขนาดเท่ากันและเข้ารหัสแบบสุ่ม 3 หลักเพื่อป้องกันอคติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ด้วย SPSS (v.29) และ R (v.4.3.2) โดยตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างพื้นที่ด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วย Pearson's correlation และจำแนกกลุ่มตัวอย่างตามแหล่งปลูกด้วย Principal Component Analysis (PCA) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพส้มโอ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์ทางชีวภาพ

ผลการศึกษาพบว่า ความหลากหลายเชิงพื้นที่ของส้มโอขาวน้ำผึ้งมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตในปัจจุบัน ทั้งในด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส โดยเฉพาะคุณภาพด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส ซึ่งสะท้อนถึงอิทธิพลร่วมของทั้งปัจจัยทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมการปลูก

ความแปรปรวนของคุณลักษณะดังกล่าวไม่สามารถอธิบายได้ด้วยลักษณะทางกายภาพเพียงอย่างเดียว เนื่องจากลักษณะฟีโนไทป์ของผลไม้มีความไวต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ อุณหภูมิ และการจัดการสวน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids;

TSS) และความเป็นกรด (acidity) รวมถึงคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผลผลิต ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Makkumrai *et al.* (2021) ซึ่งรายงานว่าคุณภาพของ *Citrus maxima* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งตามพันธุ์และสภาพการปลูก นอกจากนี้งานวิจัยของ Wu *et al.* (2018) ยังชี้ให้เห็นว่า ความหลากหลายทางพันธุกรรมของส้มมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับประวัติการคัดเลือกและการกระจายพันธุ์โดยมนุษย์ ขณะที่ Liu *et al.* (2012) รายงานว่า ความแตกต่างของสายพันธุ์ส้มโอสามารถตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยเครื่องหมายโมเลกุล

ด้วยเหตุนี้ การประเมินอัตลักษณ์ของส้มโอขาวน้ำผึ้ง โดยอาศัยลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียว

จึงมีข้อจำกัด และอาจไม่เพียงพอสำหรับการรับรองแหล่งกำเนิดสินค้าในระบบสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) การบูรณาการข้อมูลด้านชีวโมเลกุลร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกพันธุ์และเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ส้มโอขาวน้ำผึ้งในเชิงพาณิชย์และวิชาการในระยะยาว (Curk *et al.*, 2014; Ollitrault *et al.*, 2012)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองทำตามวิธีมาตรฐาน ดังนี้

Table 1 Physical characteristics of Khao Nam Phueng Muang Long pomelo

Sample	Fruit weight (kg)	Fruit size	Oil glands (glands/cm ²)	L*	a*	b*
SO1	1.97 ^a ± 0.25	1.000 ^a ± 0.05	13.00 ^c ± 3.00	42.47 ^b ± 0.14	0.62 ^b ± 0.25	6.75 ^c ± 0.23
SO2	1.90 ^a ± 0.10	1.040 ^a ± 0.04	16.33 ^c ± 2.30	52.93 ^a ± 0.55	0.43 ^c ± 0.15	6.46 ^c ± 0.85
SO3	1.97 ^a ± 0.21	1.020 ^a ± 0.99	18.67 ^b ± 5.51	48.57 ^b ± 1.17	0.94 ^a ± 0.06	8.24 ^a ± 0.41
SO4	1.90 ^a ± 0.10	1.000 ^a ± 0.056	22.33 ^a ± 4.16	45.84 ^b ± 0.57	0.83 ^a ± 0.11	7.39 ^b ± 0.30
SO5	1.90 ^a ± 0.10	1.020 ^a ± 0.56	15.67 ^c ± 3.51	46.53 ^b ± 1.60	0.82 ^a ± 0.14	7.19 ^b ± 0.52
SO6	1.83 ^a ± 0.40	0.810 ^b ± 0.35	24.67 ^a ± 7.23	45.94 ^b ± 0.67	0.85 ^a ± 0.17	8.74 ^a ± 0.28

Remarks: Values are expressed as mean ± standard deviation (SD) of six Khao Nam Phueng Muang Long pomelo samples, with three replications per sample (n = 3). Different superscript letters within the same column indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จาก Table 1 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองทั้งหกตัวอย่าง (SO1 - SO6) แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่าง SO1 - SO5 มีน้ำหนักและขนาดผลอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนถึงความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโตของผลผลิตในกลุ่มตัวอย่างหลัก ขณะที่ SO6 มีน้ำหนักและขนาดผลต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความแปรผันของผลผลิตที่อาจเกิดขึ้นในบางผล ในด้านปริมาณต่อมน้ำมันบนผิวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่าง โดย SO1 มีค่าต่ำที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง SO6 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) บ่งชี้ว่า ความหนาแน่นของต่อมน้ำมันเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มีความแปรผันค่อนข้างสูง (Figure 1) สำหรับลักษณะภายนอกเชิงคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะก้นผล ผิวเปลือก และสีเปลือก ไม่พบความ

แตกต่างทางสถิติระหว่างตัวอย่างทั้งหมด โดยส้มโอทุกตัวอย่างมีลักษณะก้นนุ่ม ผิวเปลือกเรียบ และเป็นผลแก่ที่มีผิวเปลือกสีเขียวอมเหลืองเหมือนกัน (Figure 2) แสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของลักษณะภายนอกตามเอกลักษณ์พันธุ์ ผลการวิเคราะห์ค่าพิกัดสีพบว่า ค่า L^* a^* และ b^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย SO2 มีค่า L^* สูงที่สุด สะท้อนความสว่างของผิวผลมากที่สุด ขณะที่ SO1 มีค่า L^* ต่ำที่สุด ค่า a^* สูงใน SO3 - SO6 โดย SO3 มีค่าสูงสุด บ่งชี้โทนสีที่เอนเอียงไปทางสีแดงมากกว่า และค่า b^* สูงใน SO3 และ SO6 แสดงถึงความเป็นสีเหลืองที่เด่นชัดกว่า (Figure 3) เมื่อพิจารณาร่วมกัน ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ผลส้มโอมีความแตกต่างของโทนสีผิวในเชิงปริมาณแม้ลักษณะเชิงคุณภาพโดยรวมยังคงมีความสม่ำเสมอในทุกตัวอย่าง

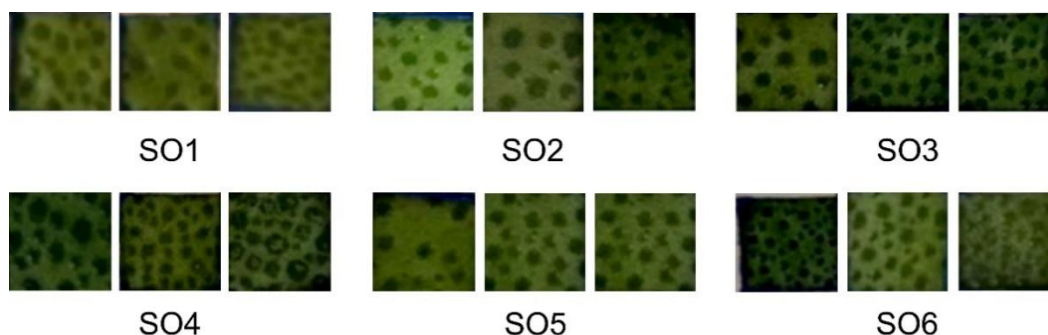


Figure 1 Oil gland distribution on the peel surface of Khao Nam Phueng pomelo fruits (SO1 - SO6)



Figure 2 Physical appearance of Khao Nam Phueng pomelo fruits (SO1 - SO6), illustrating fruit apex, peel texture, and peel color



Figure 3 Characteristics of the flesh color of Khao Nam Phueng pomelo fruits (SO1 - SO6)

น้ำหนักและขนาดผลของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองในตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าสูงและสม่ำเสมอสะท้อนถึงคุณสมบัติพื้นฐานของ *Citrus maxima* ซึ่งงานวิจัยด้านคุณภาพผลไม้ส้มโอรายงานว่า สิ่งแวดล้อมการปลูก การจัดการสวน และสายพันธุ์ มีผลต่อองค์ประกอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผล เช่น น้ำหนักผล (fruit weight) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (soluble solids) และดัชนีความสุก (maturity index) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพผลไม้ (Su *et al.*, 2024)

อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างบางตัวอย่าง เช่น SO6 แสดงค่าขนาดผลต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนว่า ปัจจัยแวดล้อมเฉพาะแปลง เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ และแสง อาจมีผลต่อการพัฒนาโครงสร้างของผลและปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลได้ (Su *et al.*, 2024)

ความหนาแน่นของต่อมน้ำมันบนผิวเปลือกที่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างสามารถอธิบายได้ด้วย ความแตกต่างขององค์ประกอบสารระเหย (volatile compounds) ซึ่งบทบาทของสารระเหยและลักษณะทางประสาทสัมผัสของส้มโอได้รับการอธิบายไว้ในงานวิจัยเปรียบเทียบคุณภาพส้มโอหลายสายพันธุ์ว่า ปัจจัยเหล่านี้สัมพันธ์กับ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และอาจเปลี่ยนแปลงตามพันธุ์และการจัดการหลังเก็บเกี่ยว (Makkumrai *et al.*, 2021)

ลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น ก้นผลนูน ผิวเปลือกเรียบ และสีผิวสม่ำเสมอ เป็นลักษณะที่พบได้ในหลายพันธุ์ของ *Citrus maxima* และสัมพันธ์กับความพึงพอใจ

ของผู้บริโภค โดยงานวิจัยด้านประสาทสัมผัสของส้มโอระบุว่าคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดและพันธุ์ของส้มโอ (Makkumrai *et al.*, 2021)

ค่าพิกัดสี L^* a^* b^* ที่แตกต่างกันสะท้อนถึงการสะสมของสารสี (pigments) เช่น แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) รวมถึงสารระเหย (volatile compounds) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมการปลูกและระยะการเจริญเติบโตของผล (maturity stage) โดยงานศึกษาบางชิ้นชี้ว่าค่าปัจจัยเหล่านี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความหลากหลายของคุณภาพผลไม้ได้จริง (อ้างอิงแนวผลการศึกษาทางเคมีกายภาพของส้มโอหลายสายพันธุ์) (Makkumrai *et al.*, 2021)

โดยรวมแล้ว ลักษณะทางกายภาพของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลองส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับเกณฑ์ GI แต่ความแปรปรวนที่พบในบางตัวอย่างบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการกำหนดเกณฑ์ควบคุมคุณภาพด้านการจัดการสวนและช่วงเวลาเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของผลผลิต

การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลอง ทำตามวิธีมาตรฐาน AOAC 2019 (TSS อ้างอิงตาม AOAC Official Method 932.12, pH อ้างอิงตาม AOAC Official Method 981.12 และ TA อ้างอิงตาม AOAC Official Method 942.15) ดังนี้

Table 2 Chemical composition of juice from Khao Nam Phueng Muang Long pomelo samples

Sample	TSS (°Brix)	pH	%citric acid	TSS/TA ratio	Total carotenoids (mg/100 g FW)
SO1	6.75 ^c ± 0.23	4.21 ^a ± 0.23	0.242 ^b ± 0.15	33.1 ^a ± 2.28	2.36 ^a ± 0.000
SO2	6.46 ^c ± 0.08	4.54 ^a ± 0.85	0.245 ^b ± 0.00	25.1 ^b ± 1.18	2.34 ^a ± 0.001
SO3	8.23 ^a ± 0.41	4.33 ^a ± 0.41	0.381 ^a ± 0.05	18.4 ^c ± 0.30	2.35 ^a ± 0.002
SO4	7.38 ^b ± 0.30	4.32 ^a ± 0.30	0.242 ^b ± 0.15	33.9 ^a ± 3.53	2.68 ^a ± 0.577
SO5	7.19 ^b ± 0.52	4.21 ^a ± 0.52	0.363 ^a ± 0.17	19.8 ^c ± 0.20	2.34 ^a ± 0.001
SO6	8.74 ^a ± 0.28	4.23 ^a ± 0.28	0.352 ^a ± 0.20	22.7 ^b ± 1.36	2.34 ^a ± 0.235

Remarks: Values are expressed as mean ± standard deviation (SD) (n = 3). Different superscript letters within the same column indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการประเมินคุณสมบัติทางเคมีของส้มโอ
ชาวน้ำผึ้งเมืองลองจากตัวอย่าง SO1 - SO6 จาก Table 2
พบความแปรผันในหลายองค์ประกอบสำคัญ โดยค่า
ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (TSS) มีช่วง
ระหว่าง 6.46 - 8.74 องศาบริกซ์ ซึ่ง SO6 มีค่าสูงที่สุด
(8.74 ± 0.28 องศาบริกซ์) และแตกต่างจาก SO1 อย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ SO1 มีค่า TSS ต่ำที่สุด
(6.75 ± 0.23 องศาบริกซ์) ในชุดข้อมูล ผลดังกล่าว
สอดคล้องกับ Su *et al.* (2024) ซึ่งรายงานค่า TSS
ในผลไม้ตระกูลส้ม (Citrus) หลายชนิดมีความแปรผัน
ตามพันธุ์ ระยะความสุก (maturity stage) และปัจจัย
ด้านสิ่งแวดล้อม (Su *et al.*, 2024)

ด้านค่า pH ซึ่งสะท้อนระดับความเป็นกรด-
ด่างพบว่า SO2 มีค่า pH (4.54 ± 0.85) สูงกว่าตัวอย่างอื่น
อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนตัวอย่างอื่นอยู่ในช่วงค่าที่
ใกล้เคียงกัน (4.21 - 4.54) โดยไม่พบความแตกต่างที่
เด่นชัดในเชิงสถิติ ในขณะที่ค่าความเป็นกรดทั้งหมด
(TA; คำนวณเป็นร้อยละกรดซิตริก) มีค่าผันแปรตั้งแต่
0.242 - 0.381เปอร์เซ็นต์โดย SO3 (0.381 ± 0.05) และ
SO5 (0.363 ± 0.17) มีค่า TA สูงที่สุดและต่างจาก SO1

(0.242 ± 0.15) SO2 (0.245 ± 0.00) และ SO4 (0.242
± 0.15) อย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างดังกล่าวส่งผล
ต่ออัตราส่วน TSS/TA ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสมดุลรสชาติ
โดย SO1 (33.1 ± 2.28) และ SO4 (33.9 ± 3.53) มีค่า
สูงที่สุด สะท้อนแนวโน้มรสหวานเด่น ขณะที่ SO3
(18.4 ± 0.30) มีค่าต่ำที่สุด แสดงลักษณะรสเปรี้ยว
เด่นกว่า แต่ในทางกลับกันปริมาณแคโรทีนอยด์โดยรวม
ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.34 - 2.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง
ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการในด้าน
สารแคโรทีนอยด์มีความสม่ำเสมอในผลผลิต โดยรวม
ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ความแตกต่างของคุณภาพ
ทางเคมีของส้มโอชาวน้ำผึ้งเมืองลองส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ
สมดุลรสชาติ มากกว่าความแตกต่างด้านคุณค่า
ทางโภชนาการ สอดคล้องกับ Cheong *et al.* (2012) ซึ่ง
รายงานค่า pH และ TA ในผลไม้ตระกูลส้มมีความ
แปรปรวนตามพันธุ์ การจัดการแปลงปลูก และระยะ
ความสุก และมีบทบาทสำคัญต่อคุณลักษณะทาง
ประสาทสัมผัส โดยเฉพาะความหวาน ความเปรี้ยว

และการยอมรับโดยรวมผ่านอัตราส่วน TSS/TA (Cheong *et al.*, 2012)

ในด้านสารพฤกษเคมี แคโรทีนอยด์เป็นสารสำคัญที่มีบทบาทต่อทั้งลักษณะสีและคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ โดยการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของส้มโอหลายสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์อาจแตกต่างกันตามพันธุ์ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าว อาจอธิบายความแตกต่างด้านคุณค่าทางโภชนาการได้

โดยสรุป คุณภาพทางเคมีของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลงสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแหล่งปลูก ระยะเวลา และสมดุลของน้ำตาล-กรด ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตลักษณ์ด้านรสชาติของผลผลิต และข้อมูลนี้สำคัญต่อการกำหนดช่วงเก็บเกี่ยวและเกณฑ์มาตรฐานด้านคุณภาพเคมีสำหรับ GI

การประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (hedonic test) ของผลิตภัณฑ์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3 ซึ่งผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของส้มโอขาวน้ำผึ้งเมืองลง ในตัวอย่างทั้ง 6 แหล่งปลูก มีคะแนนความพึงพอใจในคุณลักษณะต่าง ๆ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคุณลักษณะส่วนใหญ่ ตัวอย่าง SO1 และ SO4 ได้รับการยอมรับในระดับสูง โดยเฉพาะคุณลักษณะด้านรสชาติหวานอมเปรี้ยว ซึ่ง SO1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.50 ± 0.82) และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ SO3 (7.37 ± 0.76) และ SO4 (6.87 ± 0.88) แต่แตกต่างจาก SO2 (6.87 ± 0.91) SO5 (6.63 ± 0.94) และ SO6 (6.03 ± 1.02) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส SO1 มีคะแนนเนื้อแน่น (7.50 ± 0.71) และเนื้อนุ่มใหญ่ สลัดน้ำผึ้ง (7.70 ± 0.77) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม (overall liking) พบว่า SO1 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.60 ± 0.70) และไม่แตกต่างจาก SO2 (7.00 ± 0.82) SO3 (7.00 ± 0.78) และ SO4 (7.23 ± 0.74) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่ได้รับการยอมรับสูง ขณะที่ SO5 (6.87 ± 0.81) และ SO6 (5.43 ± 0.98) มีคะแนนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ SO6 ที่มีค่าต่ำสุด สอดคล้องกับคะแนนในคุณลักษณะไม่พึงประสงค์ และคุณลักษณะเชิงบวกหลายประการที่ด้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการยอมรับโดยรวมขึ้นอยู่กับการพิจารณาหลายคุณลักษณะร่วมกัน ไม่ได้ขึ้นกับตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพียงลำพัง

Table 3 Sensory evaluation of panelists' preference for quality attributes of Khao Nam Phueng pomelo from Muang Long

Attributes evaluated	Satisfaction score					
	SO1	SO2	SO3	SO4	SO5	SO6
Non-astringent	7.50 ^a ± 0.82	6.87 ^b ± 0.91	7.37 ^a ± 0.76	6.87 ^b ± 0.88	6.63 ^b ± 0.94	6.03 ^b ± 1.02
Non-bitter	7.17 ^a ± 0.74	7.10 ^a ± 0.81	7.17 ^a ± 0.69	7.17 ^a ± 0.77	6.63 ^b ± 0.85	5.77 ^c ± 0.93
No tingling sensation on the tongue	7.13 ^a ± 0.79	6.93 ^{ab} ± 0.88	7.2 ^a ± 0.72	7.20 ^a ± 0.83	6.60 ^b ± 0.91	5.17 ^c ± 1.00
Firm flesh	7.50 ^a ± 0.71	7.27 ^a ± 0.84	7.20 ^a ± 0.68	7.10 ^a ± 0.80	6.60 ^b ± 0.89	6.17 ^c ± 0.95
Large juice sacs (large vesicles)	7.80 ^a ± 0.65	7.74 ^a ± 0.79	7.33 ^b ± 0.73	7.67 ^a ± 0.70	7.33 ^b ± 0.82	6.53 ^c ± 0.90
Honey-like color	7.70 ^a ± 0.77	6.77 ^b ± 0.85	7.27 ^a ± 0.74	6.93 ^b ± 0.82	6.67 ^b ± 0.88	5.30 ^c ± 1.05
Dry flesh (not juicy)	5.03 ^b ± 0.92	4.90 ^b ± 1.00	5.03 ^b ± 0.94	5.30 ^b ± 0.90	5.23 ^b ± 0.96	5.70 ^a ± 0.98
Crisp texture	6.78 ^b ± 0.81	7.70 ^a ± 0.74	7.53 ^a ± 0.69	7.53 ^a ± 0.78	7.37 ^a ± 0.83	7.30 ^a ± 0.90
Natural sweet aroma	6.97 ^b ± 0.73	6.83 ^b ± 0.80	6.97 ^b ± 0.75	7.07 ^a ± 0.77	6.67 ^b ± 0.85	5.73 ^c ± 0.93
Overall liking	7.60 ^a ± 0.70	7.00 ^a ± 0.82	7.00 ^a ± 0.78	7.23 ^a ± 0.74	6.87 ^b ± 0.81	5.43 ^c ± 0.98

Remarks: Values are presented as mean ± SD (n = 30). Sensory attributes were scored using a 9-point hedonic scale (9 = like extremely, 1 = dislike extremely). Different superscript letters within the same row indicate significant differences at $p \leq 0.05$ based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นความแตกต่างของระดับการยอมรับระหว่างตัวอย่าง โดยเฉพาะในลักษณะรสชาติหวาน-เปรี้ยวและคุณสมบัติเนื้อสัมผัส ความแตกต่างนี้สัมพันธ์กับองค์ประกอบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี ที่พบจากการวิเคราะห์คุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่า ลักษณะ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ โดยรวมของส้มโอ มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์และขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำผลไม้ (Makkumrai

et al., 2021) นอกจากนี้ สารระเหย (volatile compounds) และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม่มีบทบาทต่อการรับรู้รสชาติและกลิ่น ซึ่งในงานวิจัย ส้มโอหลากหลายพันธุ์พบว่า สารระเหยมีปริมาณและชนิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลต่อความเข้มของกลิ่นและคุณลักษณะด้านรสชาติในลักษณะทางประสาทสัมผัส (Makkumrai *et al.*, 2021)

ดังนั้น ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสสะท้อนว่า คุณลักษณะด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดการยอมรับของผู้บริโภคต่อส้มโอ

ชาวน้ำผึ้งเมืองลอง และสนับสนุนแนวคิดว่าการกำหนดมาตรฐาน GI ควรพิจารณาทั้งค่า TSS/TA ratio และคุณลักษณะ sensory เพื่อคงไว้ซึ่งอัตลักษณ์ด้านรสชาติและคุณภาพที่สม่ำเสมอ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ส้มโอชาวน้ำผึ้งเมืองลอง (*Citrus maxima* Merr.) มีลักษณะทางกายภาพสอดคล้องกับลักษณะประจำพันธุ์ แม้จะมีความแปรผันบางประการ โดยยังคงรูปทรงผลค่อนข้างกลม ผิวเปลือกเรียบ ก้นผลบวม และต่อมน้ำมันกระจายห่าง ในด้านคุณภาพทางเคมี พบความแตกต่างของค่า TSS และอัตราส่วน TSS/TA ซึ่งสัมพันธ์กับการรับรู้รสชาติและความชอบของผู้บริโภค ขณะที่ค่า pH และปริมาณกรดรวมค่อนข้างคงที่ และปริมาณแคลโรทีนอยด์มีความสม่ำเสมอ ผลประเมินทางประสาทสัมผัสสอดคล้องกับข้อมูลทางเคมีและกายภาพ โดย SO1 และ SO4 ได้รับความชอบโดยรวมสูงสุด สะท้อนถึงความสมดุลของรสชาติและคุณภาพเนื้อสัมผัส โดยสรุปผลการศึกษานี้ให้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะและเกณฑ์คุณภาพของส้มโอชาวน้ำผึ้งเมืองลองสำหรับการพัฒนาข้อกำหนดสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ในอนาคต อีกทั้งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบความแท้ของแหล่งผลิต และการเพิ่มมูลค่าผลผลิตในระบบเศรษฐกิจฐานอัตลักษณ์ได้อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

AOAC International. 2019. Official methods of analysis of AOAC International, Three-volume set, 21st Edition. AOAC International. Available: https://openlibrary.org/books/OL28303996M/OfficialMethods_of_Analysis_of_AOAC_INTERNAIONAL_Three-volume_set_21st_Edition (June 11, 2026).

Christman, M. C. 2000. A review of quadrat-based sampling of rare, geographically clustered populations. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 5(2):168-201. Available: <https://doi.org/10.2307/1400530>.

Cheong, M. W., S. Q. Liu, W. Zhou, P. Curran and B. Yu. 2012. Chemical composition and sensory profile of pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) juice. *Food Chemistry* 135(4): 2505-2513. Available: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.012>.

Curk, F., G. Ancillo, A. Garcia-Lor, F. Luro, X. Perrier, J. P. Jacquemoud-Collet, L. Navarro and P. Ollitrault. 2014. Next generation haplotyping to decipher nuclear genomic interspecific admixture in citrus species: Analysis of chromosome 2. *BMC Genomic Data* 15:152. Available: <https://doi.org/10.1186/s12863-014-0152-1>.

Department of Intellectual Property. 2025. Geographical indication registration announcement No. 68100246. Available: https://www.ipthailand.go.th/images/26669/GI/GIregistration_announcement/GIregistration246.pdf (June 9, 2026). [in Thai]

Foss, P., T. Storebakken, K. Schiedt, S. Liaaen-Jensen, E. Austreng and K. Streiff. 1984. Carotenoids in diets for salmonids: I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture* 41(3): 213-226. Available: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90284-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90284-9).

- International Organization for Standardization. 2003. Fruit and vegetable products - determination of soluble solids - refractometric method (ISO 2173:2003) ISO. Available: <https://www.iso.org/standard/35851.html> (June 11, 2026).
- Kader, A. A. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88(11): 1863-1868. Available: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3293>.
- Liu, Y., E. Heying and S. A. Tanumihardjo. 2012. History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(6): 530-545. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x>.
- Makkumrai, W., Y. Huang and Q. Xu. 2021. Comparison of pomelo (*Citrus maxima*) grown in China and Thailand. *Frontiers of Agricultural Science Engineering* 8(2): 335-352. Available: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021391>.
- Office of the Permanent Secretary, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2024. Guideline for geographical indication (GI) certification of Thai agricultural products. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Available: <https://www.opsmoac.go.th/phrae-dwl-files-461491791053> (June 9, 2026). [in Thai]
- Ollitrault, P., J. Terol, C. Chen, C. T. Federici, S. Lotfy, I. Hippolyte, F. Ollitrault, A. Bérard, A. Chauveau, J. Cuenca, G. Costantino, Y. Kacar, L. Mu, A. Garcia-Lor, Y. Froelicher, P. Aleza, A. Boland, C. Billot, L. Navarro, F. Luro, M. L. Roose, F. G. Gmitter, M. Talon and D. Brunel. 2012. A reference genetic map of *C. clementina* hort. ex Tan.; citrus evolution inferences from comparative mapping. *BMC Genomics*. 13:593. Available: <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/593>
- Peryam, D. R. and F. J. Pilgrim. 1957. Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology Supplement* 11: 9-14. Available: <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1959-02766-001> (July 15, 2025).
- Phrae Provincial Agriculture and Cooperatives Office. 2026. Applications for permission to use the Thai geographical indication (GI) certification mark for “Khao Nam Phueng Muang Long Pomelo.” Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives. Available: <https://www.opsmoac.go.th/phrae-news-preview-481891791262> [in Thai]
- Su, D., Y. Jiang, B. Song, Z. Wu, X. Yan, Z. He, D. Ye, J. Ou, Y. Zang and L. Wu. 2024. Reduced fertilization and magnesium supplementation: Modulating fruit quality in honey pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.). *Plants* 13(19): 2757. Available: <https://doi.org/10.3390/plants13192757>.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). 2021. Geographical indications: An introduction, 2nd Edition. World Intellectual Property Organization. Available: <https://doi.org/10.34667/tind.44179>.

Wu, G. A., J. Terol, V. Ibanez, A. López-García,
E. Pérez-Román, C. Borredá, C. Domingo,
F. R. Tadeo, J. Carbonell-Caballero,
R. Alonso, F. Curk, D. Du, P. Ollitrault,
M. L. Roose, J. Dopazo, F. G. Gmitter,
D.S. Rokhsar and M. Talon. 2018. Genomics
of the origin and evolution of Citrus.
Nature 554(7692): 311-316. Available:
<https://doi.org/10.1038/nature25447>.