คุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของผลเสาวรสจากสามแหล่งปลูก ซึ่งมีระดับความสูงแตกต่างกัน

Postharvest quality of passion fruit cultivated in different elevations

พลกฤษณ์ มณีวระ[1,2], ดนัย บุณยเกียรติ[1*], พิชญา บุญประสม พูลลาภ[3] , จักรพงศ์ นาทวิชัย[4] และ คาซูฮิโร นากาโน[2]

Phonkrit Maniwara[1,2], Danai Boonyakiat[1*], Pichaya Boonprasom Poonlarp[3], Juggapong Natwichai[4] and Kazuhiro Nakano[2]

บทคัดย่อ: การศึกษาคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน โดยเก็บเกี่ยวผลเสาวรสในระยะผลสุกความแก่ทางการค้าจากแหล่งปลูกซึ่งมีความสูงของพื้นที่เท่ากับ 800, 1,000 และ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ผลการทดลองพบว่า ผลเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูง 1,000 และ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีสีผิวเป็นสีม่วงแดงมากกว่า มีปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกสูงกว่า มีน้ำหนักผลมากกว่า มีรสชาติดีกว่า และมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลที่ปลูกในพื้นที่ความสูง 800 เมตร จากระดับน้ำทะเล อย่างไรก็ตาม ระดับความสูงของพื้นที่ปลูกไม่มีผลต่อค่า L* และค่า chroma ของสีเปลือก ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม ปริมาณวิตามินซี และปริมาณสารประกอบฟีนอลของน้ำคั้นเสาวรส นอกจากนี้ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (r = 0.7724) กับปริมาณสารประกอบฟีนอลในสารสกัดหยาบของน้ำคั้นเสาวรสจาก 3 แหล่งปลูก

คำสำคัญ: ระดับน้ำทะเล, ปริมาณสารประกอบฟีนอล, กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT: The postharvest quality of passion fruits cultivated in different elevations was studied by harvesting passion fruits from three different planting sites at commercially mature stage. These were located at elevations of 800, 1,000 and 1,200 meters above sea level (msl). The results indicated that passion fruits cultivated at 1,000 and 1,200 msl had a darker tone of reddish-purple color, higher peel anthocyanin content, greater fruit fresh weight, better taste, and higher antioxidant activity than those of fruits grown at 800 msl. Nonetheless, elevation had no influence on L* value and chroma of peel color, total carotenoids content, vitamin C content, and phenolic compounds of passion fruit concentrate. Furthermore, the results from

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] บัณฑิตวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนีงาตะ 950-2181
Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50100
Division of Food Engineering, Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

[4] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: danai.b@cmu.ac.th, f11n004d@mail.cc.niigata-u.ac.jp

the three investigated areas had also revealed a relatively high relation ($r = 0.7724$) between antioxidant activity and phenolic compounds from the crude extracts of passion fruit concentrate.
Keywords: sea level, phenolic compound, antioxidant activity

บทนำ

เสาวรส (*Passiflora edulis* Sims.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญของประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) แอฟริกาใต้ และบราซิล (Knight and Sauls, 2005) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นและกึ่งร้อน สำหรับประเทศไทย มีการปลูกเสาวรสอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นผลไม้ที่กำลังได้รับความนิยมในการบริโภค ทั้งในลักษณะผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น น้ำเสาวรสบรรจุกล่อง และแยมเสาวรส เป็นต้น ทำให้มีมูลค่าการซื้อขายในตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งสาวรสยังมีกลิ่นหอม รสชาติดี และคุณค่าทางอาหารสูงจึงดึงดูดใจที่ดึงดูดผู้บริโภคได้ไม่ยาก (Janzantti et al., 2012) เสารสที่มีคุณภาพดีต้องมีลักษณะตรงตามพันธุ์ กล่าวคือ มีสีม่วงแดงสม่ำเสมอทั่วทั้งผล มีรูปร่างกลมรีสมมาตร ไม่บิดเบี้ยว เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีเหลืองเข้ม และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ประเทศไทย การผลิตเสารสในพื้นที่ต่างๆ ทั่วบริเวณภาคเหนือ ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกมีลักษณะทางภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับความสูงของพื้นที่ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เสาวรสด้อยคุณภาพ และไม่สม่ำเสมอ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับความสูงของพื้นที่ปลูกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเสาวรส ยังมีข้อมูลไม่มากนัก Joy (2010) รายงานว่า เสาวรสสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงระดับความสูงตั้งแต่ 100 ถึง 3,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล แต่คุณภาพของผลเสาวรสจะแตกต่างกันไปตามระดับความสูงเนื่องจากแต่ละพื้นที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของแสงแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของผลเสาวรสที่ปลูกในระดับความสูง 800, 1,000 และ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่สำหรับส่งเสริมการปลูกเสาวรสให้มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

เก็บเกี่ยวเสาวรส (พันธุ์เบอร์ 2) ที่ระยะความสุกแก่ทางการค้า (commercially maturity stage) ที่อายุประมาณ 65 ถึง 70 วัน หลังดอกบาน จากสามแหล่งพื้นที่ปลูกที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน (150 ผล/พื้นที่ปลูก รวมทั้งสิ้น 450 ผล) คือ 800, 1,000 และ 1,200 เมตร (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ตามลำดับ) ศึกษาคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวทันทีที่ผลิตผลถูกขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ใช้ระดับความสูงของพื้นที่เป็นกรรมวิธี และวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยวิธี completely randomized analysis of variance (ANOVA) และแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ ปริมาณน้ำฝน ความชื้น และอุณหภูมิของพื้นที่เพาะปลูก สีผิวของเปลือกเสาวรสโดยใช้ chromameter (CR-300, Minolta, Japan) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยใช้ digital refractometer (PR-101, Atago, Japan) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) โดยใช้ digital burette titration (RS232, Brand, Germany) น้ำหนักผล และร้อยละส่วนที่บริโภคได้ โดยใช้ digital balance (EK-600H, Sartorius, USA) ปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกเสาวรส โดยการสกัดด้วยสารละลาย ethanolic hydrochloric ตามวิธีของ Ranganna (1986) ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำเสาวรส โดยการสกัดด้วยสารละลาย dimethylsulphoxide ซึ่งดัดแปลงจากวิธี

ของ Pawelzik (2006) ปริมาณวิตามินซีในน้ำเสาวรส โดยวิธี 2,6-dichlorophenol-indophenol visual titration ตามวิธีของ Ranganna (1986) กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเสาวรส โดยวิธี 2′,2′-diphenyl-1-pycrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Manthey (2004) ปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารสกัดหยาบเสาวรส โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric assay ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Sellappan et al. (2002) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคโดยใช้ 5-point hedonic scale ในเงื่อนไขดังต่อไปนี้ สีผิว สีเนื้อ รูปร่างผล ความหวาน กลิ่นและรสชาติผิดปกติ และคุณภาพโดยรวม (คะแนน = 0 หมายถึงผู้บริโภคไม่พอใจที่สุด และคะแนน = 5 หมายถึงผู้บริโภคพอใจที่สุด)

นอกจากนี้ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient: *r*) ระหว่างกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารสกัดหยาบจากเสารส ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำเสาวรสจากทั้ง 3 แหล่งปลูก เพื่อบ่งชี้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในสารสกัดหยาบของน้ำคั้นเสาวรสสีม่วง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูก

เมื่อพิจารณาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรวมต่อปี ความชื้นและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนรวมต่อปีของพื้นที่ทั้งสามแหล่งปลูก อยู่ในช่วงปกติของพื้นที่ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นถึงกึ่งร้อน (800 ถึง 1,750 มิลลิเมตร/ปี) (กรมอุตุนิยมวิทยา; São José, 1993) โดยปริมาณน้ำฝนและความชื้นของพื้นที่เพาะปลูกเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของเสาวรสสีม่วง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง vegetative development ซึ่งเป็นช่วงที่เสาวรสต้องการน้ำในปริมาณสม่ำเสมอ ดังนั้นการปลูกเสาวรสจำเป็นต้องให้น้ำในช่วงฤดูแล้งตลอดทั้งเดือน (ประมาณ 60 ถึง 120 มิลลิเมตร/เดือน) (São José, 1993) ความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ปลูกเสาวรสมีค่าอยู่ในช่วง 71 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่วงที่สูงกว่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเสารสที่มีค่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเกิดโรค citrus scab และ black spot ได้ (Lima and Borges, 2002) สำหรับอุณหภูมิของพื้นที่ปลูกพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสูงของพื้นที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิระหว่าง 18 ถึง 35 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเสาวรส โดยมีรายงานว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส ทำให้เสาวรสเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากดูดซึมธาตุอาหารได้น้อยในขณะที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ทำให้มีการติดผลน้อยลง (Utsunomiya, 1992; São José, 1993)

Table 1 Precipitation, relative humidity and temperature of passion fruit planting sites

Plantation site (msl)	Precipitation (mm/year)	Humidity (%) (average/year)	Temperature (°C) (average/year)
Mokcham (800)	1533.03	74.83±2.81	24.1±0.8
Maetho (1,000)	1475.98	74.92±2.60	23.3±0.8
Khunwang (1,200)	1318.44	71.58±2.56	22.5±0.9

Means ± Standard Deviation (S.D.) with the same letters in the same column are not significantly different at $LSD_{0.05}$

Source: Thai Meteorological Department; The Royal Project Foundation (2012 records)

คุณภาพทางกายภาพของเสาวรส

ผลเสาวรสจากพื้นที่ระดับความสูง 800, 1,000 และ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเลมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความอิ่มตัว (chroma) ของสีผิวผลที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42.11 ถึง 45.37 สำหรับค่า L* และ 21.94 ถึง 23.76 สำหรับค่า chroma ในกรณีของ hue angle หรือมุมตกกระทบของค่า a* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกเฉดสีของวัตถุ พบว่า ผลเสาวรสจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง เมื่อระดับความสูงของพื้นที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า hue angle ของเปลือกผลเสาวรสลดต่ำลง (**Table 2**) จากการอธิบายคำจำกัดความของเฉดสีจากการอ่านค่า hue angle ที่ว่า hue angle ที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 45 องศา หมายถึงวัตถุมีเฉดสีเป็นสีม่วงแดง (0 องศา) ถึงสีส้มแดง (45 องศา) (McGuire, 1992) จึงแปลความได้ว่า เสาวรสที่ปลูกในระดับความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสีออกไปทางม่วงเข้มมากขึ้น ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการพบปริมาณแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ทำให้เกิดสีม่วงแดงในเปลือกเสาวรสปริมาณสูงในเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (**Table 3**)

แม้ว่าผลเสาวรสในแต่ละพื้นที่ปลูกมีระยะเวลาพัฒนาผลเท่ากัน คือ 65 ถึง 70 วัน แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักผลกลับพบว่าการปลูกในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตร มีค่าน้ำหนักผลน้อยกว่าที่ปลูกที่ความสูง 1,000 และ 1,200 เมตร (**Table 2**) ขณะที่ผลเสาวรสจากพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตร มีร้อยละส่วนที่บริโภคได้สูงที่สุด (65.90 เปอร์เซ็นต์) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเสาวรสจากแหล่งปลูกดังกล่าวมีปริมาณเนื้อ (arils) เต็มช่องว่างภายในผลและมีเปลือกบางกว่าอีก 2 พื้นที่ปลูกที่เหลือ (**Table 2**) ทั้งนี้ Utsunomiya (1992) และ Teixeira (1995) รายงานว่าการปลูกเสาวรสในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลในช่วง 1,200 ถึง 1400 เมตร ช่วยให้ผลเสาวรสมีคุณภาพด้านลักษณะปรากฏดีที่สุด ได้แก่ มีสีม่วงตรงตามพันธุ์ รูปร่างกลมรีได้รูป ขนาดผลใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางและน้ำหนักผล) และมีเปลือกหนาซึ่งเป็นข้อดี สำหรับการจัดการหลังเก็บเกี่ยว เนื่องจากจะช่วยให้ผลิตผลมีความต้านทานต่อโรคหลังเก็บเกี่ยว และต้านทานต่อความเสียหายทางกลในสายโซ่อุปทานได้ (Teixeira, 1995)

Table 2 L* value, chroma and hue angle of passion fruit peel, and fruit weight, percentage of edible part and peel thickness obtained from three passion fruit planting sites

Plantation site (msl)	L*	Chroma	Hue angle (°)	Fruit weigh (g)	Edible part (%)	Peel thickness (mm)
Mokcham (800)	45.37±1.97	23.76±0.75	41.48±2.99^{a}	70.08±2.49^{b}	65.90±1.08^{a}	3.22±0.58^{b}
Maetho (1,000)	43.17±1.94	21.94±0.91	27.13±3.47^{b}	90.11±4.04^{a}	50.16±0.98^{c}	5.14±0.47^{a}
Khunwang (1,200)	42.11±1.58	22.28±0.78	24.32±2.40^{b}	89.48±4.08^{a}	57.64±1.76^{b}	4.46±0.46^{ab}

Means ± Standard Deviation (S.D.) with the same letters in the same column are not significantly different at $LSD_{0.05}$

คุณภาพทางเคมีของเสาวรส

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไปมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นมากกว่าผลที่ปลูกในระดับความสูง 800 เมตร สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้พบว่า น้ำคั้นเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตร มีค่าน้อยกว่าผลที่ปลูกในระดับความสูง 1,200 เมตร และในกรณีของค่า TSS/TA ratio ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รสชาติ) พบว่า น้ำคั้นจากผลเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร มีค่า TSS/TA สูงที่สุด (9.68) เสาวรส

เป็นผลไม้ที่มีกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่งสัดส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส) กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (กรดซิตริก และกรดมาลิก) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Bora and Narain, 1997; Knight and Sauls, 2005) ดังนั้น จากค่า TSS/TA จึงแสดงให้เห็นว่าน้ำคั้นเสาวรสจากแหล่งปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร มีรสชาติดีกว่าผลที่ได้จากแหล่งปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 และ 1,200 เมตร อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญในการเพิ่มคุณภาพผลเสาวรสทั้งในด้านขนาดผล (เส้นผ่านศูนย์กลางและน้ำหนักผล) และคุณภาพทางเคมี (ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์) ในน้ำคั้น คือ ความยาววัน ปริมาณน้ำ และระดับความสูงของพื้นที่ปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลในช่วง 1,000 ถึง 1400 เมตร จะให้ผลิตผลที่มีคุณภาพดีที่สุด (Teixeira,1995; Lima and Borges, 2002) นอกจากนี้ Joy (2010) รายงานว่า เสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,200 ถึง 1,400 เมตร มีอายุการให้ผลผลิตยาวนานถึง 8 ปี (จากปกติ 5 ปี) เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (ไม่ควรต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส) ของพื้นที่สูงสามารถส่งเสริมการดูดซึมธาตุอาหาร รวมถึงปัจจัยในด้านคุณภาพแสงและความยาววันสามารถส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์แสงและการสะสมอาหารของพืชจึงอาจส่งผลให้เสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลมีคุณภาพทางเคมีที่ดีกว่า

Table 3 Peel's anthocyanin content, total soluble solids, titratable acidity and TSS/TA ratio of passion fruit from different planting sites

Plantation site (msl)	Anthocyanin content (mg/100 gFW)	Total soluble solids (TSS) (%)	Titratable acidity (TA) (%)	TSS/TA ratio
Mokcham (800)	17.40±1.44^{b}	15.76±0.55^{b}	2.07±0.09^{ab}	7.77±0.47^{b}
Maetho (1,000)	23.39±2.39^{a}	18.25±0.22^{a}	1.95±0.13^{b}	9.68±0.61^{a}
Khunwang (1,200)	25.36±2.22^{a}	18.22±0.34^{a}	2.44±0.17^{a}	7.96±0.79^{b}

Means ± Standard Deviation (S.D.) with the same letters in the same column are not significantly different at $LSD_{0.05}$

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเสาวรส

จากการประเมินคุณภาพของผลเสาวรสโดยกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว (n = 11) แสดงให้เห็นว่าเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตร มีสีเปลือก รูปร่างผล และคุณภาพโดยรวมเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคมากกว่าผลที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตร และน้ำคั้นเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร มีคะแนนความหวานสูงที่สุด ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า TSS/TA ratio (**Table 3**) ที่พบว่าน้ำคั้นจากผลเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ) มีค่า TSS/TA สูงที่สุด นอกจากนี้ เนื่องจากเสาวรสเป็นผลิตผลที่มีเปลือกหนาซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เนื่องจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (การหมัก) หลังเก็บเกี่ยวได้ (Pruthi, 1963) ซึ่งการสำรวจพบว่า น้ำคั้นเสาวรสจาก 3 แหล่งปลูก ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติแต่อย่างใด (**Figure 1**)

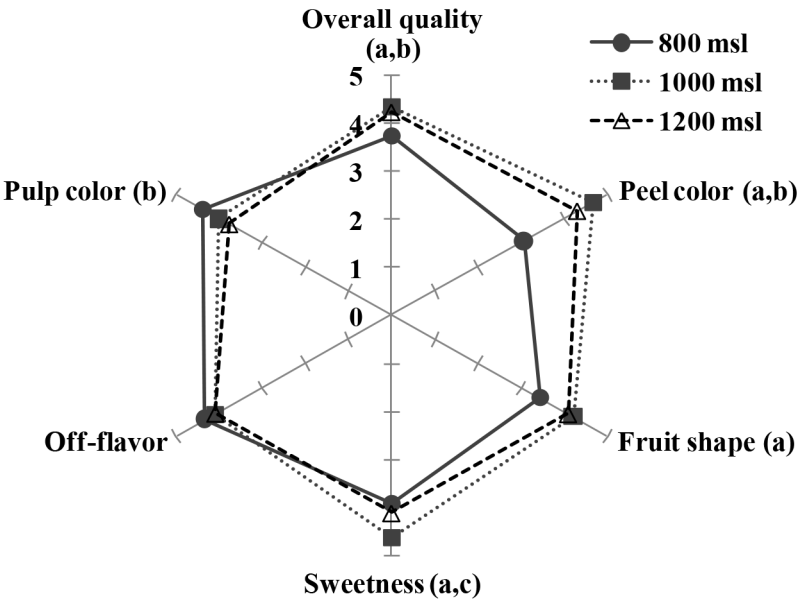


Figure 1 Fruit quality and sensory evaluation of passion fruit obtained from three planting sites. Significant different are denoted with a, b and c, where a; difference between 800 and 1,000 msl, b; difference between 800 and 1,200 msl, and c; difference between 1,000 and 1,200 msl.

ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำคั้นเสาวรส พบว่า น้ำคั้นเสาวรสจากสามแหล่งปลูกมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) แคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาว มีสีเหลืองส้ม เป็นเทอร์พีนที่สำคัญสำหรับการสังเคราะห์สารให้กลิ่นและสีของน้ำเสาวรส (Janzantti et al., 2012) และยังจัดเป็นโปรวิตามินเอ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายและมีส่วนช่วยในการรับรู้ทางสายตาและการมองเห็น (Leavitt, 1988) นอกจากนี้ การปลูกเสาวรสในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800, 1,000 และ 1,200 เมตร ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีของน้ำคั้นเสาวรส โดยอาจเป็นสาเหตุเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่ง Shiomi et al. (1996) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถส่งเสริมการสังเคราะห์วิตามินซีทั้งก่อน และหลังการเก็บเกี่ยวได้ อย่างไรก็ตาม พื้นที่สูงทั้ง 3 ระดับที่ใช้ในการศึกษา ไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปีและความชื้นสัมพัทธ์ จึงอาจส่งผลให้น้ำคั้นเสาวรสมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน (Table 1)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารสกัดหยาบจากน้ำคั้นเสาวรสของแหล่งปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800, 1,000 และ 1,200 เมตร มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1263.92 ถึง 1457.01 ไมโครกรัมเทียบกับกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมน้ำหนักสด (microgram gallic acid equivalent/gram fresh weight: μgGAE/gFW) พืชสายพันธุ์ *Passiflora edulis* และ *Passiflora alata* อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟลาโวนอยด์ในคลาส flavones C-glucoside ซึ่งพบมากในสารสกัดจากน้ำคั้นของเสาวรสสีม่วง และเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูง (Dhawan et al., 2004) และเมื่อวิเคราะห์กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay พบว่า สารสกัดหยาบของน้ำคั้นเสาวรสจากแหล่งปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 และ 1,200 เมตร มีระดับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดหยาบของน้ำคั้นเสาวรสที่ปลูกในระดับความสูง 800 เมตร (Table 4)

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าการปลูกเสาวรสบนพื้นที่ความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร จากระดับทะเล นอกจากจะช่วยให้ผลมีสีผิวตรงตามพันธุ์ มีน้ำหนักสดมาก และเนื้อมีรสชาติดีแล้วยังสามารถส่งเสริมการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (antioxidant bioactive compounds) ได้อีกด้วย

Table 4 Total carotenoids content and vitamin C content of passion fruit juice, and total phenolic compounds and antioxidant activity of passion fruit crude extracts from different planting sites.

Plantation site (msl)	Total carotenoids content (µg/gFW)	Vitamin C content (mg/100 gFW)	Total phenolic compounds (µgGAE/gFW)	Antioxidant activity (µgGAE/gFW)
Mokcham (800)	1.36±0.04	8.68±0.29	1263.92±112.16	348.52±25.09[b]
Maetho (1,000)	1.41±0.02	9.13±0.22	1382.58±87.13	403.28±27.45[a]
Khunwang (1,200)	1.39±0.02	9.19±0.16	1457.01±74.26	393.62±24.07[a]

Means ± Standard Deviation (S.D.) with the same letters in the same column are not significantly different at $LSD_{0.05}$

นอกจากนี้ เมื่อนำกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบของน้ำคั้นเสาวรสจากแหล่งปลูกของพื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษามาหาความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำคั้นเสาวรส พบว่า กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์เชิงบวก (positive linear relationship) ในระดับค่อนข้างสูง (*r* มีค่าอยู่ในช่วง 0.70 ถึง 0.80) (Williams, 2007) กับปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.7724 ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (**Table 5**) จึงมีแนวโน้มว่า ระดับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นเสาวรสเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณสารประกอบฟีนอล ได้แก่ กรดฟีนอล และสารประกอบฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลหลักที่พบในน้ำคั้นเสาวรส (Dhawan et al., 2004; Zeraik et al., 2011)

Table 5 Correlation coefficients (Pearson correlation) of antioxidant activity and vitamin C content, total carotenoids content and total phenolic compounds of passion fruit juice obtained from all plantation sites.

	Vitamin C content	Total carotenoids content	Total phenolic compounds	Antioxidant activity
Vitamin C content	1			
Total carotenoids content	0.4148	1		
Total phenolic compounds	0.4088	0.3724	1	
Antioxidant activity	0.3821, ns	0.4068, ns	0.7724, **	1

**, Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ns = not significant

สรุป

ระดับความสูงของพื้นที่ปลูกมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส และกิจกรรมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเสาวรส โดยเสาวรสที่ปลูกบนพื้นที่ความสูง 1,000 และ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีเฉดสีม่วงแดงสูงกว่า มีน้ำหนักผลสด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลเสาวรสที่ปลูกบนพื้นที่ความสูง 800 เมตร จากระดับน้ำทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำคั้นของเสาวรสที่ปลูกในพื้นที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,000 เมตร มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและมีค่า TSS/TA ratio สูงที่สุด จึงอาจใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเสาวรสในพื้นที่ที่มีความสูงในช่วง 1,000 ถึง 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ.2555

เอกสารอ้างอิง

Bora, P.S., and N. Narain. 1997. Passion fruit. P.357-386. In: S. Mitra. Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruit. CAB International, New York.

Dhawan, K., S. Dhawan, and A. Sharma. 2004. *Passiflora*: a review update. J. Ethnopharmacol. 94: 1-23.

Janzantti, N.S., M.S. Macoris, D.S. Garruti, and M. Monteiro. 2012. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit. LWT-Food Sci. Technol. 46: 511-518.

Joy, P.P. 2010. Passion Fruit Production Technology, Kerala Agricultural University Press, Kerala.

Knight, R.J., and J.W. Sauls. 2005. The Passion Fruit. Institute of Food and Agricultural Sciences. Series60. University of Florida, FL.

Leavitt, P.R. 1988. Experimental determination of carotenoid degradation. J. Paleolimnol. 1: 215-227.

Lima, A.A., and A.L. Borges. 2002. Soil and Climate. P.25-28. In: A.A. Lima. Passion Fruit Production: Technical Aspects. Embrapa-SPI, Brasilia.

Manthey, J.A. 2004. Fractionation of orange peel phenols in ultrafiltered molasses and mass balance studies of their antioxidant levels. J. Agric. Food Chem. 52: 7586-7592.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colour measurement. J. Hortic. Sci. 27: 1254-1255.

Pawelzik, E. 2006. Workshop on the Nutritional Quality and Phytochemicals of Tropical and Sub-tropical Fruits. Postharvest Technology Institute, Chiang Mai.

Pruthi, J.S. 1963. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. P.203-282. In: C.O. Chichester, E.M. Mark, and G.F. Stewart. Advances in Food Research. Academic Press, New York.

Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd Edition. TataMcGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.

São José, A.R. 1993. The culture of passion fruit: cultivation practices and market, Bahia.

Sellappan, S., C.C. Akoh, and G. Krewer. 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. J. Agric. Food Chem. 50: 2432-2438.

Shiomi, S., Y. Kubo, L.S. Wamocho, H. Koaze, R. Nakamura, and A. Inaba. 1996. Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit. Postharvest. Biol. Tec. 8: 199-207.

Teixeira, C.G. 1995. Culture. P.1-142. In: C.G. Teixeira. Passion Fruit: Culture, Raw Materials, Processing and Economic Aspects. ITAL, Campinas.

Utsunomiya, N. 1992. Effect of temperature on shoot growth, flowering and fruit growth of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). Sci. Hort. 52: 63-68.

Williams, P. 2007. Application to agricultural and marine products. P.165-218. In: Y. Ozaki, W.F. McClure, and A.A. Christy. Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology. John Wiley & Sons, Inc. Publication, NJ.

Zeraik, M.L., D. Serteyn, G. Deby-Dupont, J.N. Wauters, M. Tits, J.H. Yariwake, L. Angenot, and T. Franck. 2011. Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit (*Passiflora edulis* and *Passiflora alata*) extracts on stimulated neutrophils and myeloperoxidase activity assays. Food Chem. 128: 259-265.