ผลของระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูลอิสระของส้มควาย (*Garcinia pedunculata* Roxb.)

Effects of Fruit Developmental Stages and Dehydration Times on the Physical, Chemical and Antioxidant Properties of Som Khwai (*Garcinia pedunculata* Roxb.)

อภันตรี มีบุญ (Apantree Meeboon)* ชัยรัตน์ พึ่งเพียร (Chairat Puenghian)**
ดร.อัญชลี ศิริโชติ (Dr.Anchalee Sirichote)*** ดร.สุภยางค์ วรวุฒิคุณชัย (Dr.Supayang Voravuthikunchai)****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระยะการเจริญของผล (ระยะที่ 1, 2, 3, 4, 5 เก็บเกี่ยวนับจากติดผล 15, 45, 75, 105, 120 วัน) และเวลาอบแห้ง (0, 2, 4, 6, 8 ชั่วโมง) ด้วยตู้อบแห้งลมร้อนที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูลอิสระของส้มควาย เมื่อนำผลส้มควายจากแต่ละระยะการเจริญ ตัดเป็นชิ้นบาง (ความหนาเฉลี่ย 1.0 มิลลิเมตร) อบแห้งที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส จนมีปริมาณความชื้นสุดท้าย 9% พบว่า ระยะการเจริญของผลมีผลต่อความแน่นเนื้อ สี ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (total titratable acidity, TA) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents, TPC) และสมบัติการจับอนุมูล DPPH อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยผลส้มควายจากระยะที่ 5 มีค่าความแน่นเนื้อและ hue angle (h°) ต่ำกว่าผลส้มควายจากระยะการเจริญอื่นๆ (p<0.05) และยังมีปริมาณ TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเวลาการอบแห้งส้มควายชิ้นบางจากแต่ละระยะการเจริญของผลเพิ่มขึ้น มีผลให้ TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH มีแนวโน้มลดลง (p<0.05) อย่างไรก็ตามส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะที่ 5 มี TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH สูงกว่าส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะอื่นๆ (p<0.05)

ABSTRACT

This research aimed to illustrate the physical, chemical and antioxidant properties of Som khwai fruit as affected by fruit developmental stages (stages 1, 2, 3, 4, 5 harvested at 15, 45, 75, 105, 120 days after fruit set) and hot-air dehydration times (0, 2, 4, 6, 8 hours). Each developmental stage of Som khwai fruit was cut into thin pieces (average thickness of 1.0 mm.), dried at 51 ºC until final moisture content of 9% was obtained. It was found that the developmental stages significantly affected (p<0.05) firmness, color, total titratable acidity (TA), total phenolic contents (TPC) and DPPH scavenging activity of fresh Som khwai fruit. The stage 5 of fresh fruit also provided lower firmness and hue angle (h°) than other stages (p<0.05) and contained the highest in the contents of TPC and DPPH scavenging activity. In addition, as the dehydration time of thin Som khwai pieces from each stage increased, the TPC and DPPH scavenging activity trended to decrease (p<0.05). However, dried Som khwai from the stage 5 contained higher TPC and DPPH scavenging activity than other stages (p<0.05).

คำสำคัญ: ส้มควาย ระยะการเจริญของผล การทำแห้งแบบลมร้อนถาดหมุน

Keywords: Som khwai, Fruit developmental stage, Rotary hot-air dehydration

* *นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

** *ผู้ช่วยวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

*** *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

**** *ศาสตราจารย์ สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

บทนำ

ส้มควาย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia pedunculata* Roxb. เป็นไม้ยืนต้นจัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae ผลมีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-12 เซนติเมตร เมื่อแก่จัดสามารถนำมาบริโภคหรือประกอบเป็นอาหารได้ และยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคลักปิดลักเปิด การสมานแผล บำรุงหัวใจ (Mudoi et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้เป็นยาเพื่อรักษาอาการที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคบิด อาการท้องเสีย โรคดีซ่าน และอาการท้องผูก (Sarma, Devi, 2015)

ส้มควายมีกรดไฮดรอกซีซิตริกเป็นสารสำคัญและมีกรดอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดไฮดรอกซีซิตริกแลคโตน กรดออกซาลิก กรดทาร์ทาริก กรดมาลิก และกรดซิตริก (Parthsarathy, Nandakishore, 2014) โดยทั่วไประยะการเจริญของผลเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตผล การเก็บเกี่ยวในระยะที่ผลยังอ่อนเกินไปทำให้ได้ลักษณะของผลิตผลที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมถึงมีคุณภาพด้านกลิ่นรสด้อยลงเมื่อผลมีการสุกมากเกินไป (Kader, 1999)

นอกจากนี้ระยะการเจริญของผลยังมีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตผล จึงใช้ระยะการเจริญของผลในการพิจารณากำหนดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน (Wang et al., 2016) การทำแห้งเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการถนอมรักษาอาหาร แต่ในระหว่างการทำแห้งยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมี รวมถึงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของอาหารได้ (Rittirut, Siripatana, 2006) ซึ่งมีผลกระทบลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานด้านระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่มีต่อสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลส้มควาย

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูลอิสระของผลส้มควาย

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะการเจริญของผลส้มควายที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูล อิสระของผลสด

ทำการผูกป้ายเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของผลส้มควายจากสวนในเขต ตำบลเทพกษัตรี อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต โดยเริ่มนับวันหลังส้มควายติดผลเป็นเวลา 15, 45, 75, 105 และ 120 วัน (ระยะที่ 1, 2, 3, 4 และ 5) วัดขนาดและสุ่มเก็บตัวอย่างผลส้มควายในแต่ละระยะ (n = 20) บรรจุลงกล่องโฟมที่ให้ความเย็นด้วยน้ำแข็ง ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูล DPPH ของผลส้มควาย

2. การศึกษาผลของระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูลอิสระของผลสดและชิ้นบางแห้ง

นำผลส้มควายในแต่ละระยะการเจริญมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบาง (ความหนาเฉลี่ย 1.0 มิลลิเมตร) เรียงชิ้นส้มควายชั้นเดียว (Single layer) น้ำหนัก 500 กรัม ต่อถาด (ขนาด 60×60 เซนติเมตร) นำอบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดหมุนที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างที่เวลาอบแห้ง 0, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง วิเคราะห์ TPC และสมบัติการต้านอนุมูล DPPH และสุ่มตัวอย่างชิ้นส้มควายที่อบแห้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง วัดค่าสี ความแข็ง ปริมาณความชื้น และ TA

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.1 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี (CR-10, Konica Minolta, Japan) รายงานค่าในรูป L*, a*, b* และคำนวณค่า hue angle (h^o) และ Chroma (C*) ดังนี้ h^o = acrtan (b*/a*) เมื่อ a* > 0 และ b* > 0 และ h^o = 180 + acrtan (b*/a*) เมื่อ a* < 0 และ b* > 0 ส่วนค่า Chroma (C*) = $[(a^*)^2+(b^*)^2]^{1/2}$

3.2 เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro System, UK) วัดค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของผลสดโดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร ด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตร/วินาที และวัดค่าความแข็ง (นิวตัน) ของส้มควายชิ้นบางแห้งโดยใช้ใบมีด Warner-Bratzler ด้วยอัตราเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

4.1 ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)

4.2 TA ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) โดยไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ รายงานค่าในรูปกรดซิตริก (%)

4.3 TPC ด้วยวิธี Folin-Ciocalteus โดยดัดแปลงวิธีการของ Miliauskas และคณะ (2004) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร รายงานค่าในรูปมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g)

5. การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูล DPPH

โดยดัดแปลงวิธีการของ Yamasaki *et al.* (1994) ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร และใช้ Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารมาตรฐาน รายงานค่าในรูป EC_{50} ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (µg/ml) ที่ไปลดความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ลง 50% จากความเข้มข้นของสารละลาย DPPH เริ่มต้น

6. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำการทดลอง แต่ละชุดการทดลองวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรม SPSS for Windows version 17

ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลของระยะการเจริญของผลส้มควายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลสด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผลสดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้มควายในระยะการเจริญที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) พบว่า เมื่อระยะการเจริญของผลเพิ่มขึ้นน้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน (p<0.05) โดยผลส้มควายในระยะที่ 5 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุด เท่ากับ 608.64 กรัม และ 108.91 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าผลส้มควายระยะที่ 1 มีน้ำหนักคิดเป็น 28% ของน้ำหนักผลส้มควายระยะที่ 5 และยังพบว่าผลส้มควายระยะที่ 5 ระยะเริ่มสุกจะปรากฏร่องตามแนวขั้วผลไปยังปลายผลเด่นชัดกว่าระยะที่ 1

ผลของระยะการเจริญของผลส้มควายที่มีต่อค่าสีของผลสด

เมื่อพิจารณาค่าสีของผลส้มควายสด (ตารางที่ 2) พบว่า เมื่อระยะการเจริญของผลเพิ่มขึ้น ค่า L*, a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยส้มควายจากระยะที่ 5 มีค่า a*, b*, C* มากที่สุด (p<0.05) และมีค่า h^o น้อยกว่าผลส้มควายจากระยะอื่นๆ สอดคล้องกับค่าสีระบบ CIE ที่แสดงความเข้มของสีเหลืองเมื่อค่า b*แสดงเป็นค่าบวกหรือ C* มีค่ามาก หรือ h^o มีค่าน้อย (Mashabela

et al., 2015) ผลส้มควายจากระยะที่ 5 จึงมีสีเหลืองมากกว่าสีของผลส้มควายจากระยะอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงของค่าสีแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะการเจริญของผลเพิ่มขึ้นผลส้มควายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวเหลืองและสีเหลืองเข้มจากระยะที่ 5 ซึ่งบ่งบอกการสุกของผลส้มควาย ทั้งนี้ในระหว่างการสุกของผลไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเป็นผลมาจากระหว่างการสุกคลอโรฟิลล์สลายตัวไปในขณะที่แคโรทีนอยด์ถูกสังเคราะห์มากขึ้นหรือมีปริมาณคงเดิม (จริงแท้, 2550)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพ (n=20) ระหว่างระยะการเจริญ (Fruit developmental stage) ของผลส้มควาย

Stages (days after fruit set)	Weight (g)	Diameter (mm)
1 (15 d)	167.88±33.57[d]	71.01±4.81[d]
2 (45 d)	315.11±51.04[c]	88.93±4.81[c]
3 (75 d)	468.34±64.55[b]	98.32±6.57[b]
4 (105 d)	512.26±145.60[b]	106.20±10.19[a]
5 (120 d)	608.64±65.05[a]	108.91±8.48[a]

หมายเหตุ

[a,b,c,...]ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ผลของระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่ 8 ชั่วโมง ที่มีต่อค่าสีของส้มควายชิ้นบางแห้ง

ระยะการเจริญของผลมีผลต่อค่า L*, a* และ h° ของส้มควายชิ้นบางแห้ง (ตารางที่ 3) โดยส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะที่ 5 มีค่า L* และ h° ต่ำกว่า แต่มี a* สูงกว่าส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะอื่น (p<0.05) ค่า h° ของส้มควายชิ้นบางแห้งทั้ง 5 ระยะ มีค่าอยู่ในช่วง 70-90° ซึ่งแสดงถึงสีส้มแดงถึงสีเหลือง (McGuire, 1992) จากผลการทดลองยังพบว่า ส้มควายชิ้นบางแห้งจากแต่ละระยะการเจริญของผลภายหลังการอบแห้งมีค่า b*, C* และ h° ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างระยะการเจริญเดียวกันจากผลสดก่อนอบแห้ง ทั้งนี้การอบแห้งผักมีผลทำให้ค่า b* และ C* ลดลง บ่งบอกความเข้มของสีเหลืองลดลงอาจมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของรงควัตถุ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (นิธิยา, 2557)

ผลของระยะการเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่ 8 ชั่วโมง ต่อความแน่นเนื้อ ความแข็ง ปริมาณความชื้น และ TA ของส้มควาย

ผลการทดลอง (ตารางที่ 4) พบว่า ผลส้มควายสดจากระยะที่ 5 มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าผลส้มควายจากระยะอื่นๆ (p<0.05) แสดงให้เห็นว่าผลส้มควายเมื่อสุกจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มลง เนื่องจากในระหว่างการสุกของผลไม้การเสื่อมสลายของผนังเซลล์หรือของสารที่เชื่อมผนังเซลล์เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะในบริเวณของ middle lamella จากการย่อยของเอนไซม์ชนิดต่างๆ (จริงแท้, 2550) ปริมาณความชื้นของผลส้มควายสดมีค่าอยู่ในช่วง 88.59-90.51% TA ของผลส้มควายจากแต่ละระยะการเจริญมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดย TA ของผลส้มควายระยะที่ 1 มีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วง 17.03-20.24% โดยทั่วไปผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อยังอ่อนมักมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการสะสมกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในแวคิวโอล (vacuole) เมื่อพัฒนาจนผลสุกจะมีปริมาณกรดลดลง แต่ผลไม้บางชนิดมีปริมาณกรดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสุก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการสังเคราะห์ malic enzyme มากขึ้นระหว่างการสุก (จริงแท้, 2550) ซึ่งส้มควายมีกรดหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ เช่น ไฮดรอกซีซิตริก กรดทาร์ทาริก กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และกรด มาลิก (Mahlia et al. 2012) ส่วนส้มควายชิ้นบางที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง จากระยะการเจริญของผลที่ 5 มีค่าความแข็งต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 37.20 นิวตัน ส้มควายชิ้นบางแห้ง

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลส้มควายสดแต่ละระยะการเจริญของผล (Fruit developmental stage)

Stages	Color values				
	L*	a*	b*	C*	h°
1	53.22±1.51^{c}	-11.29±0.95^{e}	23.13±2.93^{b}	25.78±2.80^{b}	116.22±2.85^{ab}
2	53.63±1.28^{c}	-10.62±0.53^{d}	20.77±1.82^{c}	23.33±1.68^{c}	117.17±1.67^{a}
3	52.72±1.53^{c}	-8.72±0.60^{c}	18.42±1.81^{d}	20.40±1.75^{d}	115.46±2.20^{b}
4	57.83±1.88^{b}	-4.64±1.00^{b}	23.93±1.55^{b}	24.40±1.60^{c}	101.04±2.58^{c}
5	64.72±1.37^{a}	3.33±1.33^{a}	31.81±1.55^{a}	32.00±1.56^{a}	84.03±2.31^{d}

หมายเหตุ

$^{a,b,c,\cdots}$ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 3 ค่าสีของส้มควายชิ้นบางแห้งจากแต่ละระยะการเจริญของผล (Fruit developmental stage)

Stages	Color values				
	L*	a*	b*	C*	h°
1	65.21±4.07^{a}	0.06±1.15^{c}	11.61±1.64^{c}	11.67±1.63^{c}	90.16±5.80^{a}
2	65.08±3.64^{a}	0.23±1.17^{c}	13.05±1.94^{ab}	13.10±1.90^{ab}	89.50±5.08^{a}
3	63.22±2.29^{ab}	1.71±1.05^{b}	11.79±0.90^{bc}	11.94±0.94^{bc}	81.83±4.97b^{b}
4	62.44±2.98^{ab}	2.50±1.31^{b}	11.38±1.37^{c}	11.72±1.18^{c}	77.85±5.82^{b}
5	61.55±3.29^{b}	4.84±1.01^{a}	13.28±1.95^{a}	14.20±1.93^{a}	70.00±2.80^{c}

หมายเหตุ

$^{a,b,c,\cdots}$ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากแต่ละระยะการเจริญของผลเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.00-9.38% และมี TA อยู่ในช่วง 16.80-19.29% TA ของส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะการเจริญที่ 3 มีปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ TA จากระยะอื่น อย่างไรก็ดี TA ของส้มควายชิ้นแห้งจากระยะที่ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ TA จากตัวอย่างระยะที่ 5

ผลของระยะการเจริญและเวลาอบแห้งที่มีต่อ TPC และสมบัติการจับอนุมูลDPPH ของผลสดและชิ้นบางแห้ง

ผลการทดลองพบว่า ระยะการเจริญของผลมีผลต่อ TPC ในผลส้มควายสด (p<0.05) โดยภายหลังเก็บเกี่ยวผลส้มควายจากระยะที่ 5 มี TPC สูงที่สุด รองลงมาคือ ผลส้มควายจากระยะที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 5.34±0.10 และ 4.69±0.05 mg GAE/g ตามลำดับ TPC ของผลส้มควายชิ้นบางทุกระยะการเจริญมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออบแห้งเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยดัง

ตารางที่ 4 คุณภาพของผลส้มควายสดและชิ้นบางแห้งจากแต่ละระยะการเจริญของผล (Fruit developmental stage)

Stages	Fresh Som khwai fruit			Dried Som khwai pieces		
	Firmness (N)	Moisture Content (%)	TA (%)	Hardness (N)	Moisture Content (%)^{ns}	TA (%)
1	15.14±0.66^{a}	88.59±0.18^{b}	17.03±0.05^{d}	42.35±4.29^{b}	9.38±0.50	16.80±0.53^{c}
2	15.17±0.77^{a}	90.45±0.28^{a}	19.27±0.04^{bc}	42.95±2.55^{b}	9.00±0.58	16.90±0.86^{c}
3	15.61±0.99^{a}	90.51±0.12^{a}	20.24±0.03^{a}	50.20±5.17^{a}	9.18±0.40	19.29±0.70^{a}
4	15.30±1.34^{a}	90.30±0.63^{a}	18.56±0.02^{c}	46.51±2.93^{ab}	9.72±0.90	17.94±0.55^{b}
5	11.47±1.71^{b}	90.17±0.40^{a}	19.48±0.02^{ab}	37.20±5.31^{c}	9.36±0.62	18.72±0.33^{a}

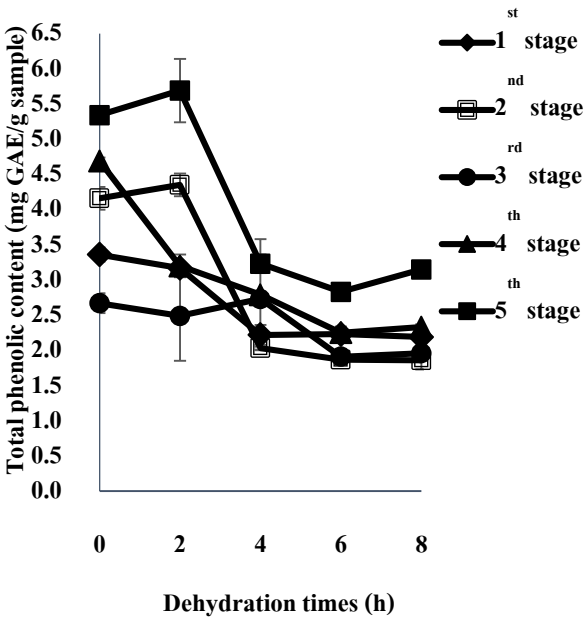
หมายเหตุ

$^{a,b,c,\cdots}$ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

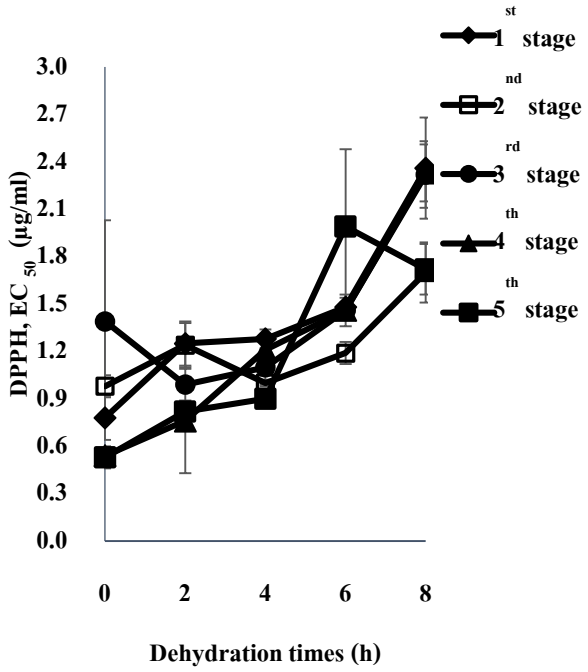
ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p≥0.05)

แสดงในภาพที่ 1 ทั้งนี้การอบแห้งเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการออกซิเดชันและการสลายตัวเนื่องมาจากความร้อน ส่งผลให้ TPC ลดลง (Wojdylo et al., 2007) นอกจากนี้ในระหว่างการอบแห้งยังเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และเพอร์ออกซิเดส ซึ่งมีผลต่อการสลายของ TPC ได้เช่นกัน (Lim, Murtijaya, 2007) จากงานวิจัยของ Miean, Mohamed (2001) ยังพบว่า การอบแห้งพืชที่รับประทานได้จำนวน 62 ชนิด ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ตัวอย่างคงTPC สูงที่สุดส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส TPC อาจเกิดการสลายตัวหรือไปรวมตัวกับองค์ประกอบอื่นของพืชได้ จึงทำให้มีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาสมบัติการจับอนุมูล DPPH (ภาพที่ 2) พบว่าระยะการเจริญของผลมีผลต่อสมบัติการจับอนุมูล DPPH ของผลส้มควาย (p<0.05) โดยผลส้มควายสดภายหลังเก็บเกี่ยวจากระยะที่ 4 และ 5 มีค่า EC_{50} ต่ำกว่าระยะอื่น (p<0.05) แสดงให้เห็นว่ามีสมบัติในการจับอนุมูล DPPH ที่สูงกว่าในระยะอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ TPC ทั้งนี้ TPC มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระหรือสมบัติในการจับอนุมูลโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน (Balasundram et al., 2006) อย่างไรก็ตามในระหว่างการอบแห้ง พบว่า เมื่อเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ค่า EC_{50} ของส้มควายแต่ละระยะการเจริญของผลมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีสมบัติในการจับอนุมูล DPPH ที่ลดลง สอดคล้องกับ TPC ที่ลดลงเช่นกัน



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของค่า TPC ของชิ้นส้มควายแต่ละระยะการเจริญ



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติการจับอนุมูล DPPH ของชิ้นส้มควายแต่ละระยะการเจริญ

สรุปผลการวิจัย

ระยะการเจริญของผลมีผลต่อความแน่นเนื้อ สี TA TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH ของส้มควายชิ้นบางที่เวลาอบแห้ง 0 ชั่วโมง (จากผลส้มควายสด) ส่วนเวลาการอบแห้งส้มควายชิ้นบางที่เพิ่มขึ้นจากแต่ละระยะการเจริญของผล มีผลให้ TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH มีแนวโน้มลดลง และส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะการเจริญของผลระยะที่ 5 (เก็บเกี่ยวนับจากติดผล 120 วัน) อบแห้งที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มี TPC และสมบัติการจับอนุมูล DPPH สูงกว่าส้มควายชิ้นบางแห้งจากระยะการเจริญอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2550.

นิธิยา รัตนาปนนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2557.

Association of Official Analytical Chemists . Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: AOAC; 2000.

Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chem 2006; 99: 191-203.

Kader AA. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. Acta Hortic 1999; 485: 203-208.

Lim YY, Murtijaya J. Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. LWT-Food Sci Technol 2007; 40: 1664-1669.

Mahlia TMI, Cheng LW, Salikka LCS, Lim CL, Hasan MH, Hamdani U. Drying *garcinia atroviridis* using waste heat from condenser of a split room air conditioner. Int J Mech Mat Eng 2012; 7: 171-176.

Mashabela MN, Selahle KM, Soundy P, Crosby KM, Sivakumar D. Bioactive compounds and fruit quality of green sweet pepper grown under different colored shade netting during postharvest storage. J Food Sci 2015; 80: 12-18.

McGuire, RG. Reporting of objective color measurements. Hortscience 1992; 27: 1254-1255.

Miean KH, Mohamed S. Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) content of edible tropical plants. J Agric Food Chem 2001; 49: 3106-3112.

Miliauskas G, Venskutonis PR, Beek TAV. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chem 2004; 85: 231–237.

Mudoi T, Deka DC, Devi R. In vitro antioxidant activity of *Garcinia pedunculata*, an indigenous fruit of North Eastern (NE) region of India. Int J PharmTech. Res 2012; 4: 334-342.

Parthsarathy U, Nandakishore OP. A study on nutrient and medicinal compositions of selected Indian *Garcinia* species. Curr Bioact Compd 2014; 10: 55-61.

Rittirut W, Siripatana C. Drying Characteristics of *Garcinia atroviridis*. *Walailak* J Sci & Tech 2006; 3: 13-32.

Sarma R, Devi R. Ethnopharmacological survey of *Garcinia pedunculata* Roxb. Fruit in six different districts of Assam, India. Int J Pharm Sci Invent 2015; 4: 20-28.

Wang B, Huang Q, Venkitasamy C, Chai H, Gao H, Cheng N, Cao W, Lv X, Pan Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujube* Miller) during three edible maturity stages. LWT-Food Sci Technol 2016; 66: 56-62.

Wojdylo A, Figiel A, Oszmianski J. Influence of temperature and time of apple drying on phenolic compounds content and their antioxidant activity. Pol J Food Nutr Sci 2007; 4: 601-605.

Yamasaki K, Hashimoto A, Kokusenya Y, Miyamoto T, Sato T. Electrochemical method for estimating the antioxidative effects of methanol extracts of crude drugs. Chem. Pharm Bull 1994; 42: 1663-1665.