
ส่วนประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของ ผลอะโวคาโดที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่

Chemical Compositions and Physical Properties of Avocado Mesocarp Cultivated in Chiang Mai

จิตรา กลิ่นหอม^{1/} จริญญา พันธุ์รักษา^{1/} และนิรมล อุดมอ่า^{1/}
Jitra Klinhom^{1/} Jarinya Phunturaksa^{1/} and Niramol Utama-Ang^{1/}

Abstract : Chemical compositions and physical properties of avocado (*Persea americana*) mesocarp from four varieties (Peterson, Booth 8, Buccaneer and Hass) were studied. The results showed that the fruit cv. Hass contained the highest fat content. Moreover, fatty acids of all varieties were analyzed by gas chromatography (GC). It was shown that the major fatty acid was always oleic acid followed by palmitic and linoleic acids. The UFA/SFA ratio in lipid extracted were in narrow range compared to some earlier reports. The cause may come from the different geographic and climatic conditions. Hass avocado fruit ripened more lately than the others. This may be due to high mineral contents. The large and heavy fruits, Booth 8 and Buccaneer, showed lower level of carbohydrate. No difference in crude fiber between four varieties. The firmness of avocado mesocarp tissue at ripening associated with water and lipid content. The increasing of water content in avocado fruit flesh increased firmness while high levels lipid decreased it. Investigation in color of flesh avocado showed that Peterson had less L value (lightness) than the others. No significant correlation between L value and chemical parameters. However, fat moisture and ash had some influence on the a value (greenness).

Keywords : avocado, chemical compositions, physical properties

^{1/}ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนามลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50100

^{1/}Department of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand.

บทคัดย่อ : ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของผลอะโวคาโด 4 สายพันธุ์ (ปีเตอร์สัน บูช 8 บัคคาเนีย และแฮส) พบว่าพันธุ์แฮสมีระดับไขมันในผลสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในผลอะโวคาโดโดยใช้ gas chromatography พบว่ากรดไขมันในผลอะโวคาโดทุกสายพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก รองลงมาคือกรดปาล์มมิติกและลิโนเลอิก ตามลำดับ อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัว พบว่า มีค่าต่ำกว่าที่ได้เคยมีการรายงานไว้ สาเหตุอาจเกิดเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่ปลูกอะโวคาโด ผลอะโวคาโดพันธุ์แฮส มีระยะเวลาในการสุกช้ากว่าสายพันธุ์อื่น ซึ่งอาจเป็นเพราะสายพันธุ์นี้มีระดับแร่ธาตุสูง สายพันธุ์บูช 8 และบัคคาเนีย มีขนาดผลใหญ่ แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำ และไม่พบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันในระดับของเยื่อใย ความแน่นเนื้อของผลอะโวคาโดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและไขมัน ผลอะโวคาโดที่มีปริมาณน้ำสูงจะทำให้ความแน่นเนื้อสูงตามไปด้วย ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันทำให้ความแน่นเนื้อลดลง คุณภาพสีของเนื้ออะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สัน มีสีเข้มกว่าทุกสายพันธุ์ และไม่พบว่า L value (ความสว่าง) นี้มีความเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบทางเคมี อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณไขมัน และความชื้นมีผลต่อ a value (สีเขียว)

คำสำคัญ : อะโวคาโด ส่วนประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางกายภาพ

คำนำ

อะโวคาโดเป็นไม้ผลเมืองร้อนอยู่ในวงศ์ Lauraceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Persea americana* Mill. แหล่งกำเนิดอะโวคาโดอยู่ในแถบอเมริกากลาง ในภาคเหนือของประเทศไทยมีการปลูกอะโวคาโดกันมาไม่ต่ำกว่า 80 ปี โดยมีชนวนริชาวอเมริกันนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่จังหวัดน่าน จากนั้นจึงแพร่กระจายเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และตาก

อะโวคาโดที่นิยมปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตที่สูงมีหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปีเตอร์สัน (Peterson) บูช 8 (Booth 8) บัคคาเนีย (Buccaneer) และแฮส (Hass) ซึ่งวัตถุประสงค์ของการปลูกนอกเหนือจากการใช้เป็นแหล่งอาหารแล้วยังมีเป้าหมายเพื่อเป็นการรักษาต้นน้ำลำธารในเขตที่สูง (ฝ่ายวิชาการ สถานีทดลองพืชสวนดอยมูเซอ, 2539)

อะโวคาโดเป็นผลไม้ที่มีไขมันค่อนข้างสูง (8 – 30 เปอร์เซ็นต์) และส่วนใหญ่เป็นไขมันที่ไม่อิ่มตัว (85 – 87 เปอร์เซ็นต์ ของไขมันรวม) มีวิตามิน A และ E ค่อนข้างสูง (งานไม้ผล มูลนิธิโครงการหลวง, 2540) อะโวคาโดจึงจัดเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ มีประโยชน์ต่อร่างกาย อย่างไรก็ดีตามส่วนประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าทางโภชนาการ

ของผลอะโวคาโดที่ปลูกในเขตที่สูงของภาคเหนือยังไม่มีรายงาน

การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพและความสัมพันธ์ของทั้งสองลักษณะนี้ในผลอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สัน บูช 8 บัคคาเนีย และแฮส ที่ปลูกในเขตที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันจากเนื้อผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์อะโวคาโดที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ในเขตที่สูงของภาคเหนือ และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหรืออื่น ๆ จากเนื้อผลอะโวคาโด

วิธีการทดลอง

ตัวอย่างผลอะโวคาโด

โดยใช้ผลอะโวคาโดจากมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ 4 สายพันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์ปีเตอร์สัน บูช 8 บัคคาเนีย และแฮส ซึ่งเก็บเกี่ยวมาในช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2545 ทำการสุ่มผลอะโวคาโดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในงานทดลอง พันธุ์ละ 3 ผล นำผลอะโวคาโดมาบ่มในกล่องกระดาษที่อุณหภูมิห้องจนกว่า

ผลอะโวคาโดสุก ซึ่งทดสอบโดยใช้ขี้ผึ้งมือบีบเบา ๆ ผลอะโวคาโดที่สุกแล้วจะนิ่มกว่าปกติ บันทึกจำนวนวันผลสุกของแต่ละพันธุ์ นำตัวอย่างผลอะโวคาโดที่สุกแล้วไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ชั่งน้ำหนักผลและเมล็ดของอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์ วัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของเนื้ออะโวคาโดโดยใช้เครื่อง Instron (model 5565, Universal testing machanic, Instron Crop, England) โดยมีอัตราเร็วในการกด 100 มิลลิเมตร ต่อนาที ความลึกที่กดในเนื้อ 10 มิลลิเมตร แต่ละผลทำการวัด 3 ครั้ง ค่าที่วัดได้รายงานเป็นหน่วยนิวตัน

วัดค่าสีของเนื้ออะโวคาโดด้วยเครื่อง Color Quest II Sphere Hunter Lab (model SSE 34, USA.) ในรูปค่าสีฮันเตอร์ (Hunter color values; L, a, b) โดยค่า L หมายถึง ความมืด - สว่าง (darkness = 0, lightness = 100) ค่า a หมายถึงสีแดง (redness) ถ้า a มีค่าเป็นบวก (+) และหมายถึงสีเขียว (greenness) ถ้า a มีค่าเป็นลบ (-) สำหรับค่า b หมายถึงสีเหลือง (yellowness) ถ้า b มีค่าเป็นบวก (+) และหมายถึงสีน้ำเงิน (blueness) ถ้า b มีค่าเป็นลบ (-) ในการวัดแต่ละครั้งทำการปรับให้อยู่ในค่ามาตรฐาน (standardized) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White standard; illuminant D 65 10°; x = 81.17, y = 86.12, z = 91.78) และแผ่นสีเทามาตรฐาน (Grey standard; illuminant D 65 10°; x = 48.58, y = 51.74, z = 54.01) แต่ละผลทำการวัดสีทั้งหมด 6 ครั้ง

การวิเคราะห์ทางเคมี

นำเนื้อของผลอะโวคาโดที่ผ่านการวัดค่าทางกายภาพแล้วไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) ตามวิธีของ AOAC (1998) ค่าที่วัดได้ในแต่ละผลถือเป็น 1 ซ้ำการทดลอง ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีรายงานในรูปแบบเปอร์เซ็นต์วัดฤสด

องค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันของผลอะโวคาโด นำไขมันที่สกัดได้ตามวิธีของ AOAC (1998) ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันตามวิธีของ

IUPAC (1987) โดยใช้ Gas Liquid Chromatography (GC – 14A Shimazu, Japan) ค่าที่วิเคราะห์ได้รายงานในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของไขมันรวม (total lipid)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์ ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดย analysis of variance (พันทิพา, 2538) ข้อมูลที่พบความแตกต่างนำไปวิเคราะห์หาลำดับความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการหาค่าสหสัมพันธ์โดยวิธี Pearson's correlation ระหว่างปริมาณส่วนประกอบทางเคมีและค่าทางกายภาพของผลอะโวคาโด ค่าที่พบนัยสำคัญใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์ แสดงไว้ในตารางที่ 1 เห็นได้ว่าพันธุ์แฮสมีค่าความชื้นต่ำที่สุด สาเหตุอาจเกิดเนื่องมาจากพันธุ์แฮสมีระดับไขมันสูงกว่าพันธุ์อื่น Swart (1978) รายงานว่าระดับความชื้นและปริมาณไขมันในผลอะโวคาโดมีค่าสหสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่าเมื่อระดับไขมันสะสมในผลอะโวคาโดสูงขึ้นจะทำให้ระดับความชื้นในผลลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไขมันเป็นสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทำให้เมื่อเซลล์ที่สะสมไขมันในส่วน mesocarp ของผลอะโวคาโดเพิ่มระดับการสะสมไขมันสูงขึ้น ปริมาณน้ำภายในเซลล์จึงลดลง

พันธุ์ปีเตอร์สันมีระดับไขมันต่ำที่สุด (7.7 เปอร์เซ็นต์) Lewis (1978) รายงานว่าระดับความแก่ของผล (maturity) มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันในผลอะโวคาโด Ahmed and Barmore (1980) รายงานมาตรฐานการเก็บผลอะโวคาโดในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดว่าอะโวคาโดทุกสายพันธุ์ที่แก่เต็มที่จะต้องมีระดับไขมันมากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ การที่ตัวอย่างผลอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีระดับไขมันต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างผลอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สันที่นำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้ยังไม่แก่จัดพอ

เนื่องจากการสังเกตความแก่ของผลอะโวคาโดค่อนข้างยุ่งยากเพราะการแก่ของผลไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่เปลือก การตัดสินใจว่าผลอะโวคาโดจะแก่หรือไม่ ต้องอาศัยปริมาณส่วนประกอบทางเคมีและทางกายภาพซึ่งสัมพันธ์กับค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลอะโวคาโดเป็นตัวกำหนดความแก่ของผล (Ahmed and Barmore, 1980)

ระดับเยื่อใยของผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.36 – 1.51 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณเนื้อในผลอะโวคาโด พบว่าพันธุ์แฮสมีระดับเนื้อสูงกว่าพันธุ์ปีเตอร์สัน บุษ 8 และบัคคาเนีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ระดับโปรตีนของผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 0.88 – 2.10 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าที่ Ahmed and Barmore (1980) รายงานไว้ว่าผลอะโวคาโดที่ปลูกในมลรัฐแคลิฟอร์เนียและฟลอริดา มีระดับโปรตีนอยู่ระหว่าง 1.21 – 2.26 เปอร์เซ็นต์ การที่ระดับโปรตีนของผลอะโวคาโดที่ใช้ในงานทดลองมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คาดว่าอาจเกิดเนื่องจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศและสภาพที่ปลูกอะโวคาโด สำหรับปริมาณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกในพันธุ์ปีเตอร์สันและแฮส มีค่าสูงกว่าพันธุ์บุษ 8 และพันธุ์บัคคาเนียซึ่ง Bile and Young (1971) รายงานว่าระดับคาร์โบไฮเดรตในผลอะโวคาโดมีความผันแปรสูงอันเป็นผลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของผล

ผลการทดลองยังพบว่าอะโวคาโดพันธุ์แฮสมีจำนวนวันผลสุกมากกว่าทุกสายพันธุ์ (ตารางที่ 2) เป็นที่น่าสังเกตว่าพันธุ์แฮสมีระดับแร่ธาตุ (ถ้า) สูง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ผลอะโวคาโดพันธุ์นี้มีอัตราการสุกของของผลช้าลง Eaks (1985) รายงานว่าระดับแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียมที่สูงมีผลทำให้อัตราการหายใจของผลช้าลงและยืดเวลาการสุกของผลออกไปจำนวนวันผลสุกของผลอะโวคาโดแต่ละพันธุ์เป็นเงื่อนไขสำคัญประการหนึ่งในการนำผลอะโวคาโดออกสู่ตลาดเพื่อจำหน่ายเป็นผลสด ผลอะโวคาโดที่ออกจำหน่ายในสถานที่ห่างไกลจากแหล่งผลิตและใช้เวลาในการขนส่งยาวนานผลอะโวคาโดควรจะต้องมีอัตราการสุกของผลที่ไม่เร็วเกินไปเพื่อให้สุกพอดีกับช่วงเวลาที่ยาวจำหน่าย ซึ่งในเงื่อนไขอะโวคาโดสายพันธุ์แฮสจะเหมาะสมมาก

อัตราการสุกของผลมีผลต่อระดับคาร์โบไฮเดรตในผล ทั้งนี้เพราะผลอะโวคาโดเป็นผลไม้ที่อยู่ในกลุ่ม Climateric fruit ซึ่งใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในขบวนการหายใจ (Seymour and Tucher, 1993) ผลอะโวคาโดที่มีระดับการหายใจสูงจะทำให้คาร์โบไฮเดรตในผลลดต่ำลง โดยที่อัตราการหายใจมีความสัมพันธ์กับอัตราการสุกของผล การที่อะโวคาโดสายพันธุ์บุษ 8 และบัคคาเนียมีอัตราการสุกของผลอย่างรวดเร็ว (7 และ 6 วันตามลำดับ) แสดงว่าผลอาจมีอัตราการหายใจสูงทำให้มีการใช้คาร์โบไฮเดรตภายในผลอย่างรวดเร็วและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลต่ำกว่าสายพันธุ์แฮสก็เป็นได้

ผลการศึกษาค่าความแน่นเนื้อ พบว่าเมื่อผลอะโวคาโดสุกค่าระดับความแน่นเนื้อของพันธุ์บัคคาเนียและแฮสต่ำกว่าอีก 2 สายพันธุ์ และจากการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับส่วนประกอบทางเคมี (ตารางที่ 3) พบว่าค่าความแน่นเนื้อของผลมีสหสัมพันธ์เป็นบวกกับค่าความชื้น แต่มีค่าสหสัมพันธ์เป็นลบกับปริมาณไขมันในผล Cutting and Wolstenholme (1992) รายงานว่าเมื่อผลอะโวคาโดสุก ปริมาณน้ำในเนื้อจะลดลงและเนื้อจะมีลักษณะนิ่มขึ้น Tucher (1993) กล่าวว่าปริมาณน้ำในเนื้อของผลอะโวคาโดมีส่วนสำคัญต่อการเต่งตัวของเซลล์ ปริมาณน้ำที่ลดลงทำให้ความเต่งตัวของเซลล์ลดลงและมีผลต่อ texture ของเนื้อด้วย การที่ผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสมีระดับความชื้นต่ำจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าความแน่นเนื้อต่ำลงไปด้วย อย่างไรก็ตามผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียซึ่งมีค่าความชื้นสูงไม่แตกต่างจากพันธุ์ปีเตอร์สันและบุษ 8 แต่กลับมีความแน่นเนื้อต่ำนั้นยังไม่อาจอธิบายได้ในการทดลองครั้งนี้

อะโวคาโดพันธุ์บุษ 8 มีน้ำหนักผลสูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์บัคคาเนีย สำหรับพันธุ์ปีเตอร์สันและพันธุ์แฮสมีน้ำหนักผลต่ำที่สุด เมื่อทำการชั่งน้ำหนักเมล็ดพบว่าพันธุ์บัคคาเนียมีน้ำหนักผลสูงที่สุด ขณะที่อีกสามพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันในน้ำหนักเมล็ด จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผลและน้ำหนักเมล็ดพบว่ามีความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.67 ($P < 0.05$, ข้อมูลไม่แสดงในตาราง) แสดงว่าผลอะโวคาโดที่มีขนาดใหญ่จะมีขนาดของเมล็ดใหญ่ตามไปด้วย จากการหักน้ำหนักเมล็ดออกจาก

น้ำหนักผล พบว่าพันธุ์บูช 8 และพันธุ์บัคคาเนียมีน้ำหนักเนื้อสูงกว่าพันธุ์ปีเตอร์สันและพันธุ์แฮส (ตารางที่ 2)

เมื่อหาค่าสหสัมพันธ์ของน้ำหนักผลกับส่วนประกอบทางเคมีพบว่าน้ำหนักผลมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 3) เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตเกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจของผล หลังเก็บเกี่ยวจึงเป็นไปได้ว่าขนาดของผลอะโวคาโดอาจเกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจ เกี่ยวกับเรื่องนี้ Cohen (1988) ศึกษาในส้ม "Mineola" ได้รายงานว่ขนาดของผลสัมพันธ์กับความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจของผลสัมหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งในกรณีของผลอะโวคาโดลักษณะเช่นนี้ควรจะได้มีการศึกษาในลำดับต่อไป

จากการศึกษาคุณภาพสีของเนื้อผลอะโวคาโด (ตารางที่ 2) พบว่าพันธุ์ปีเตอร์สันมีค่าความสว่างต่ำที่สุดในขณะที่อะโวคาโดอีก 3 พันธุ์ที่เหลือไม่มีความแตกต่างกันและความสว่างนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบทางเคมีของผลอะโวคาโด สำหรับค่าสีเขียว พบว่าพันธุ์ปีเตอร์สันมีค่าสีเขียวสูงที่สุด ในขณะที่พันธุ์แฮสมีค่าสีเขียวต่ำที่สุด จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเขียวกับส่วนประกอบทางเคมีชี้ให้เห็นว่า สีเขียวมีความสัมพันธ์กับระดับความชื้น ไขมัน และแร่ธาตุของผลอะโวคาโด (ตารางที่ 3) เนื่องจากระดับความชื้นและไขมันเกี่ยวข้องกับความสุขของผลอะโวคาโด จึงเป็นไปได้ว่าระดับสีเขียวอาจมีความสัมพันธ์กับความสุขของผล Chichester and McFeeters (1971) รายงานว่าสีเขียวในเนื้อผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากสารประกอบของคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) ซึ่งสารประกอบคลอโรฟิลล์นี้จะลดลงเมื่อผลไม้สุกได้ที่หรือแก่จัด ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองครั้งนี้ซึ่งพบว่าระดับสีเขียวในเนื้อผลอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สันมีค่าค่อนข้างสูงซึ่งเป็นผลเนื่องจากตัวอย่างของผลอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สันที่ใช้ในการศึกษาค้างยังไม่แก่จัดพอ สำหรับค่าสีเหลือง พบว่าเนื้อผลอะโวคาโดพันธุ์บูช 8 มีค่าระดับสีเหลืองสูงที่สุด ในขณะที่อีก 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ค่าสีเหลืองยังมีความสัมพันธ์กับ

ระดับโปรตีนของผลอะโวคาโด ($r = 0.70, P < 0.05$) ซึ่งไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของลักษณะทั้งสองนี้ได้ในการทดลองครั้งนี้

จากการหาชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันในผลอะโวคาโด (ตารางที่ 4) พบว่ากรดไขมันที่มีมากที่สุดในผลอะโวคาโดคือ กรดโอเลอิก (oleic acid) ซึ่งสอดคล้องกับชนิดกรดไขมันในผลอะโวคาโดที่รายงานโดย Ahmed and Barmore (1980); Ratovohery *et al.*, (1988) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (UFA/SFA) ในไขมันจากผลอะโวคาโดทั้ง 4 สายพันธุ์อยู่ในอัตราส่วนที่ค่อนข้างแคบ (2.04 – 3.12) แตกต่างจากค่าที่ Ratovohery *et al.*, (1988) ได้รายงานไว้ว่าอัตราส่วนนี้อยู่ที่ 7.50 – 9.90 ซึ่งสาเหตุอาจมาจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่ปลูกที่เป็นได้ อะโวคาโดเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ซึ่ง Bile and Young (1971) ได้รายงานว่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดกรดไขมันในผลอะโวคาโด โดยทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงขึ้น เนื่องจากตัวอย่างของผลอะโวคาโดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากโครงการหลวงเกษตรบนที่สูงซึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม – ธันวาคม) อุณหภูมิระหว่างการเก็บเกี่ยวในช่วงนี้จึงค่อนข้างเย็นและอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลอะโวคาโดเปลี่ยนแปลงชนิดกรดไขมันจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวไปเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้น้อยลง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าอัตราส่วนของกรดไขมันที่พบในงานทดลองนี้จะค่อนข้างต่ำ แต่จากค่าอัตราส่วนของกรดไขมันที่แนะนำโดยองค์การสุขภาพแห่งประเทศไทย (Department of Health, 1994 อ้างโดย Enser *et al.*, 1998) ซึ่งกำหนดว่าอาหารที่บริโภคประจำวันของคนอังกฤษควรมีอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัวไม่ต่ำกว่า 0.45 ซึ่งในกรณีนี้ไขมันจากเนื้ออะโวคาโดสามารถใช้เป็นแหล่งเสริมปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้เป็นอย่างดี

Table 1 Chemical compositions of avocado mesocarps¹.

Parameter	Variety			
	Peterson	Booth 8	Buccaneer	Hass
Moisture	82.03 ^a ± 1.44 ³	82.92 ^a ± 1.66	80.45 ^a ± 1.24	67.27 ^b ± 1.31
Protein	1.06 ^a ± 0.08	2.10 ^b ± 0.12	0.88 ^c ± 0.04	1.36 ^d ± 0.06
Fat	7.70 ^a ± 0.18	10.03 ^b ± 1.27	12.73 ^c ± 1.23	22.11 ^d ± 0.15
Crude fiber	1.51 ± 0.07	1.38 ± 0.12	1.36 ± 0.01	1.47 ± 0.08
Ash	0.79 ^a ± 0.06	0.74 ^a ± 0.10	0.75 ^a ± 0.05	1.32 ^b ± 0.12
NFE ²	6.90 ^a ± 1.54	2.82 ^b ± 0.19	3.82 ^b ± 0.18	6.46 ^a ± 0.98

¹ % on fresh basis² Nitrogen free extract³ Mean ± standard deviation

a, b, c, d Means on the same line with different superscripts differ significantly (P<0.05).

Table 2 Physical properties attributes of avocado mesocarps.

Parameter	Variety			
	Peterson	Booth 8	Buccaneer	Hass
Firmness, Newton	3.08 ^a ± 0.30 ²	3.42 ^a ± 0.41	1.05 ^b ± 0.15	1.13 ^b ± 0.43
Fruit weight, g	241.00 ^a ± 38.46	448.46 ^c ± 16.03	375.88 ^b ± 48.34	210.59 ^a ± 8.85
Seed weight, g	41.35 ^a ± 11.05	51.30 ^a ± 4.91	68.12 ^b ± 7.83	38.87 ^a ± 2.53
Flesh weight, g	199.64 ^a ± 30.69	397.16 ^c ± 11.14	307.76 ^b ± 43.19	171.72 ^a ± 9.66
Hunter color values ¹				
L	51.74 ^a ± 2.35	55.88 ^b ± 1.82	56.29 ^b ± 1.12	56.18 ^b ± 1.41
a	-5.69 ^a ± 0.08	-5.51 ^a ± 0.70	-5.32 ^a ± 0.12	-4.47 ^b ± 0.35
b	21.12 ^a ± 1.20	23.38 ^b ± 0.67	21.83 ^a ± 0.09	21.42 ^a ± 0.09
Day of ripening (day)	3	7	6	11

¹ Hunter color values : L = lightness (0 = black, 100 = white)

a = redness/greenness (+ = red, - = green)

b = yellowness/blueness (+ = yellow, - = blue)

² Mean ± standard deviation

a, b, c Means on the same line with different superscripts differ significantly (P<0.05)

Table 3 Correlation between chemical compositions and physical properties in avocado mesocarps.

Chemical composition	Physical property						
	Firmness	Fruit weight	Seed weight		Hunter color values ¹		
					L	a	b
Moisture	0.61*	0.63*	0.42	0.62*	-0.35	-0.85*	0.28
Protein	0.57	0.48	-0.24	0.55	0.27	0.03	0.70*
Fat	-0.69*	-0.46	-0.25	-0.46	0.50	0.85*	-0.18
Crude Fiber	0.10	-0.61*	-0.72*	0.56	-0.47	0.02	-0.49
Ash	-0.49	-0.65*	-0.52	-0.63*	0.23	-0.86*	-0.27
NFE ²	-0.13	-0.81*	-0.55	-0.81*	-0.35	-0.29	-0.53

¹ Hunter color values : L = lightness (0 = black, 100 = white)

a = redness/greenness (+ = red, - = green)

b = yellowness/blueness (+ = yellow, - = blue)

² Nitrogen free extract

* Significance level (P<0.05)

Table 4 Fatty acids content of avocado lipid.

	Variety ¹			
	Peterson	Booth 8	Buccaneer	Hass
Palmitic acid (C _{16:0})	29.37	32.19	31.79	23.76
Palmitoleic acid (C _{16:1})	12.46	13.22	11.49	12.86
Stearic acid (C _{18:0})	0.73	0.70	0.71	0.48
Oleic acid (C _{18:1})	38.99	36.73	42.30	50.20
Linoleic acid (C _{18:2})	17.29	16.34	13.13	12.17
Linolenic acid (C _{18:3})	1.15	0.81	0.58	0.53
Total saturated fatty acid (SFA)	30.10	32.89	32.50	24.24
Total unsaturated fatty acid (UFA)	69.89	67.10	67.50	75.76
UFA/SFA	2.32	2.04	2.08	3.12

¹ µg per 100 gm total fat

สรุปผลการทดลอง

อะโวคาโดพันธุ์แฮสมีปริมาณไขมันและอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูงกว่าอีก 3 สายพันธุ์ ปริมาณไขมันที่สูงขึ้นในผลอะโวคาโดทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลงและมีผลต่อความแน่นเนื้อของผล อะโวคาโดพันธุ์แฮสมีอัตราการสุกของผลช้ากว่าสายพันธุ์อื่นและมีระดับคาร์โบไฮเดรตสูง อะโวคาโดสายพันธุ์ซุซ 8 และบัคคาเนียมีผลขนาดใหญ่และให้ปริมาณเนื้อมากกว่าพันธุ์ปีเตอร์สันและพันธุ์แฮส ไขมันจากผลอะโวคาโดมีระดับกรดโอเลอิกสูงแต่มีอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัวต่ำกว่าที่เคยได้มีรายงานไว้โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.04 – 3.12

ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดในต่างประเทศใช้ระดับไขมันในเนื้อเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ระดับไขมันของผลอะโวคาโดมีความยุ่งยากเพราะต้องการอุปกรณ์ที่ช่วยในการวิเคราะห์ทำให้หาจุดไม่สะดวก ในการทดลองครั้งนี้ พบว่า ระดับความชื้นและสี โดยเฉพาะสีเขียวมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในเนื้อผลอะโวคาโด การหาความสัมพันธ์ของความชื้นและสีเกี่ยวกับปริมาณไขมันในอะโวคาโดสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อนำมาใช้เป็นดัชนีกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดจึงเป็นสิ่งที่เป็นไปได้และจะช่วยลดปัญหาการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดที่ยังแก่ไม่ได้ที่ ซึ่งเรื่องนี้ควรจะได้มีการศึกษาในลำดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ และคุณอรวรรณ หวังมีธรรม จากสำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมัน (สว.นอ.) กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ ที่ได้ช่วยเหลือในการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

เอกสารอ้างอิง

- งานไม้ผล มูลนิธิโครงการหลวง. 2540. อะโวคาโดและการขยายพันธุ์. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. ตุลาคม 2540. , มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.
- พันทิพา สุทธราชุน. 2528. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง. รุ่งศิลป์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 352 หน้า.
- ฝ่ายวิชาการ สถานีทดลองพืชสวนดอยมูเซอ. 2539. การปลูกอะโวคาโด. สถานีทดลองวิจัยพืชสวนดอยมูเซอ, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 37 หน้า.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed./Rev.4. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland.
- Ahmed, E.M. and C.R. Barmore, 1980. Avocado. pp. 121-165. In: S. Nagy and P.E. Shaw, (eds.). Tropical and Subtropical Fruits, Composition, Properties and Uses. AVI Publishing Co., Westport, Ct.
- Biale, J.B. and R.E. Young, 1971. The avocado pear. pp. 2-60. In: A.C. Hulme, (ed.). The Biochemistry of Fruits and Their Products. Academic Press, New York.
- Chichester, C.O. and R. McFeeters, 1971. Pigment degeneration during processing and storage. pp. 707-717. In: A.C. Hulme, (ed.). The Biochemistry of Fruits and Their Products. Academic Press, New York.
- Cohen, E. 1988. The chemical composition and sensory flavour quality of "Mineola" tangerines. I. Effects of fruit size and within-tree position. J. Hort. Sci. 63: 175-178.
- Cutting, J.G.M. and B.N. Wolstenholme, 1992. Maturity and water loss effects on avocado (*Persea americana* Mill.) postharvest physiology in cool environments. J. Hort. Sci. 67: 569-575.

- Eaks, I.L. 1985. Effect of calcium on ripening, respiratory rate, ethylene production and quality of avocado fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 145-148.
- Enser, M., K.G. Hallett, B. Hewett, G.A.J. Fursey, J.D. Wood and G. Harrington. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. Meat Sci. 49: 321-334.
- IUPAC. 1987. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 7th ed. Applied Chemistry Division, Commission on Oils, Fats, and Derivatives, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lewis, C.E., R. Morris and K. O' Brien. 1978. The oil content of avocado mesocarp. J. Sci. Food Agric. 29: 943-949.
- Ratovoher, J.V., Y.F. Lozano and E.M. Gaydou. 1988. Fruit development effect on fatty acid composition of *Persea americana* fruit mesocarp. J. Agric. Food Chem. 36: 287-293.
- Seymour, G.B. and G.A. Tucher. 1993. Avocado. pp. 53-81. In: G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucher, (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London.
- Swart, D.H. 1978. Microwaves used in determining avocado maturity. Citrus Sub-Trop. Fruit J. 535: 3-5.
- Tucher, G.A. 1993. Introduction. pp. 1-51. In: G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucher, (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London.
-