**รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์**

# บทบาทของเอทิลีนและ 1-methylcyclopropene ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว

# Role of ethylene and 1-methylcyclopropene on ripening of oil palm fruits after harvest

**นักวิจัย**
**ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์**

**โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย**
**มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**
**ประจำปีงบประมาณ 2554 รหัสโครงการ** NAT540688S

ชื่อโครงการ บทบาทของเอทิลีนและ 1-methylcyclopropene ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว

Role of ethylene and 1-methylcyclopropene on ripening of oil palm fruits after harvest

ผู้วิจัย หน่วยงาน

ผศ. ดร. ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดย เงินรายได้วิทยาเขตหาดใหญ่ ประเภททั่วไป ประจำปี 2554
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สัญญาเลขที่ NAT540688S

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในโครงการ บทบาทของเอทิลีนและ 1-methylcyclopropene ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว ได้ดำเนินการและสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนเงินรายได้ วิทยาเขตหาดใหญ่ ประเภททั่วไป ประจำปี 2554 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ NAT540688S

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ และสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยเพิ่มเติม

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วชิรญา อิ่มสบาย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สาร 1-methylcyclopropene เพื่อใช้ในการทดลอง รวมทั้งให้คำปรึกษาในระหว่างดำเนินงานวิจัยในทุกด้าน และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นางสาวนฤมล นวลวิจิตร นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

# บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาบทบาทของเอทิลีนและ 1-methylcyclopropene ต่อการสุกและคุณภาพของผล ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปใช้ควบคุมการสุกของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป ดำเนินการทดลองโดยเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราจากต้นอายุ 11 ปี จากแปลงเกษตรกรในจังหวัดสงขลา การทดลองแบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อย การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาผลของเอทิลีนต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ การรมเอทิลีนความเข้มข้น 0 250 500 และ 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า เอทิลีนทุกความเข้มข้นเร่งการสุกของผลปาล์มน้ำมันโดยทำให้เปลี่ยนสีจากสีดำเป็นส้มแดงเร็วขึ้น และเร่งการหลุดร่วงของผลอันเนื่องจากทำให้แรงดึงระหว่างขั้วและผลปาล์มน้ำมันลดลง การรมเอทิลีนมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับเอทิลีนมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทะลายปาล์มของชุดควบคุม การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ได้แก่ การรม 1-MCP ความเข้มข้น 0, 500 และ 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าการใช้สาร 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมันได้ และมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระต่ำกว่าผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม การใช้สาร 1-MCP ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมัน การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเอทิลีนและสาร1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ ชุดควบคุม รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง 3) รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง และ 4) รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง ตามด้วยรมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าเอทิลีนเร่งการสุกของผลให้เร็วขึ้น ในขณะที่ 1-MCP ให้ผลตรงข้ามกับเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระมากกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีนมีปริมาณน้ำมันสูงสุด การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยวประกอบด้วยกรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3 ผลการทดลองพบว่า เอทิลีนมีผลทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 2 หลังการให้ทรีทเมนต์ ในขณะที่ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP เพียงอย่างเดียวมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสต่ำสุด นอกจากนี้ ภายหลังการให้ทรีทเมนต์ในวันที่ 4 ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับเอทิลีนมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุดและไม่แตกต่างจากทะลายปาล์มของชุดควบคุม แต่ไม่ปรากฏกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีน

## Abstract

The objective of this research is to investigate the effect of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening of oil palm fruits after harvest. This information can be used further to control ripening of the harvested oil-palm fruit bunches. Tenera variety oil-palm fruit bunches were harvested from 11 year-old trees at a commercial field in Songkla Province. The experiment was divided into four sub-experiments. Experiment I, the effect of exogenous ethylene on oil-palm fruit ripening was studied. Palm fruit bunches were subjected to 0, 250, 500, or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene treatments for 24 h. The exogenous ethylene treatments significantly promoted palm fruit ripening, quantified by an increase in the fruit peel coloring that turns from black to reddish orange. Ethylene treatments also significantly accelerated fruit abscission. Total oil contents of fruit increased with ethylene treatment, while the FFA levels were lowered by ethylene treatments when compared with control. Experiment II, fumigations palm fruit with 1-MCP at concentrations of 0, 500 and 1000 $nlL^{-1}$ were conducted for 18 h. The ripening of palm fruit was delayed by 1-MCP and the percentage of FFA in 1-MCP treated fruits was lower than in untreated control. The fumigations, however, did not affect total fruit oil content. Experiment III, there were four treatments including; 1) control, 2) fumigation with 1,000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h, 3) fumigation with 1,000 $nlL^{-1}$ 1-MCP for 18 h and 4) fumigation with 1,000 $nlL^{-1}$ 1-MCP for 18 h prior treatment with 1,000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h. The results showed that ethylene significantly promoted fruit ripening, while 1-MCP delayed ripening. Changes in FFAs of the control fruits were increased and their FFA content higher than those of the other treatments. In addition, oil palm fruits treated with 1-MCP and ethylene + 1-MCP had higher oil content than the control. Experiment IV, the effect of ethylene and 1-MCP on lipase activity of oil palm fruits was found out. The treatment of ethylene and 1-MCP were done in the same manner as Experiment III. The results showed the exogenous ethylene significantly increased lipase activity after two days of treatment, while 1-MCP treated oil-palm fruit bunches showed the lowest of lipase activity. After four days of treatment, the activity of lipase in ethylene treated and non-treated oil-palm fruit bunches were not significantly difference, while the activity of lipase enzyme in oil-palm fruit bunches treated with 1-MCP and ethylene + 1-MCP were not detected.

## บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

### บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (พรชัย, 2549) และเป็นพืชน้ำมันชนิดเดียวของโลกที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดมีปริมาณการผลิตอยู่ในอันดับ 1 ของโลกเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น (ธีระ, 2554) ในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหาร ไบโอดีเซล จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพและปริมาณน้ำมันปาล์มให้เพียงพอต่อความต้องการในอนาคต (Murphy, 2009) อีกทั้งการจัดการปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยวที่ดียังมีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมันอีกด้วย (เพ็ญศิริ, 2554) โดยทำให้น้ำมันที่สกัดได้ลดลงเหลือเพียง 15-16% ส่งผลให้สูญเสียน้ำมันปาล์มดิบไปกว่า 20,000-40,000 ตัน/ปี (ธนสิทธิ์, 2553) สำหรับอายุผลปาล์มน้ำมันที่เหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวอยู่ที่ประมาณ 5 ½ - 6 เดือน หลังการผสมเกสร (พรชัย, 2549) หรือการเปลี่ยนสีผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะมี 2 ลักษณะที่พบบ่อยคือ ลักษณะสีผลแบบ nigrescens มีการเปลี่ยนสีผลจากสีดำหรือม่วงดำเป็นสีแดงหรือแสดเกือบทั้งผล และลักษณะสีผลแบบ virescens มีการเปลี่ยนสีผลจากสีเขียวเป็นสีส้มเมื่อสุก (Singh และคณะ, 2006) ช่วงที่ผลปาล์มแก่จัดจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทางเคมีและในช่วงการพัฒนาของผลภายในส่วนเปลือกมีการสะสมแป้งเพิ่มขึ้น แล้วจึงเปลี่ยนไปเป็นน้ำมันที่เรียกว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride) โดยในระยะที่ผลปาล์มน้ำมันเริ่มสุก สีผลจะมีการเปลี่ยนสี (Sambanthamurthi และคณะ, 2000) และมีเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น (Henderson และ Osborne, 1991) ซึ่งส่งผลทำให้กลีเซอไรด์ (Glyceride) เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล (Glycerol) (Sambanthamurthi และคณะ, 2000) นอกจากนี้ผลปาล์มน้ำมันที่เริ่มเข้าสู่ระยะการสุกจะมีกรดไขมันอิสระอยู่ในระดับต่ำ (1-5 เปอร์เซ็นต์) แต่หลังจากตัดทะลายปาล์มออกจากต้นและถ้าผลปาล์มน้ำมันมีบาดแผลที่เกิดจากการตกกระแทกในช่วงการตัดหรือกระทบกระเทือนในระหว่างขนส่ง กรดไขมันอิสระในส่วนของเปลือกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Hadi และคณะ, 2009; พรชัย, 2549) เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์มกำหนดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (พรชัย, 2549) ดังนั้นการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีเพื่อป้องกันหรือชะลอการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระได้แก่ การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันในระยะสุกที่เหมาะสม และลดการบอบช้ำของทะลายปาล์มน้ำมันหลังจากเก็บเกี่ยวทำให้สามารถเก็บรักษาทะลายปาล์มน้ำมันในสภาพปกติได้นานขึ้น (Siew และ Mohamad, 1992)

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการสุกของผลประเภทไคลแมคทอริก (Climacteric) (สมบุญ, 2548) อีกทั้งยังพบว่าเอทิลีนมีส่วนเกี่ยวข้องต่อการสุกและหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมัน เกษตรกรนิยมขายผลร่วงของปาล์มน้ำมันด้วยวิธีการนำเอาปาล์มน้ำมันที่เก็บเกี่ยวมาแล้วบ่มหรือรอให้ผลร่วงจากต้นเนื่องจากได้ราคาสูงกว่าการขายทะลายสด ซึ่งการบ่มมีหลายวิธี เช่น การบ่มแขนงปาล์มน้ำมันโดยใช้เอทิฟอน (ethephon) ความเข้มข้น 200-250 สตล. ทำให้ผลปาล์มน้ำมันร่วงจากแขนงปาล์มน้ำมัน 78.13-78.88 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น 3-3.5 เปอร์เซ็นต์ (ธีรพงศ์ และคณะ, 2539) หรือใช้วิธีการรดน้ำทะลายปาล์มน้ำมันในสภาวะการบ่มที่ลานเท วิธีการนี้มีผลทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติถึง 3 เท่า (เบญจมาภรณ์ และคณะ, 2552) ส่วนสาร 1-methylcyclopropene(1-MCP) เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่มีผลต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด (Blankenship and Dole, 2003) ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายเพื่อชะลอการสุกในผลไม้หลายชนิด โดยยังคงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวให้เสื่อมสภาพช้าลง (Watkins, 2006) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการทดลองนำเอาสาร 1-MCP มาใช้กับผลปาล์มน้ำมัน ดังนั้น

การทดลองในครั้งนี้ต้องการศึกษาบทบาทของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อการสุกและคุณภาพผลของปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้เอทิลีนและสาร 1-MCP ต่อการเร่งและชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้เอทิลีนและสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันและเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้เอทิลีนและสาร 1-MCP ต่อเอนไซม์ไลเปสของผลน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว

## ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย/การใช้ประโยชน์จากงานวิจัย

1. น่าจะปรับใช้ในทางปฏิบัติได้
2. ได้ทราบข้อมูลการใช้สาร 1-MCP ที่สามารถชะลอการสุกและชะลอการเพิ่มของกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยวก่อนเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมัน เพื่อทำให้คุณภาพของผลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มยังคงสภาพดีก่อนสกัดน้ำมันต่อไป
3. หน่วยงานที่ควรนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ (ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน) ได้แก่ เกษตรกรและบริษัทปาล์มน้ำมัน สถานศึกษาต่างๆ เช่น มหาวิทยาลัย โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สวนปาล์มขนาดใหญ่ หรือกลุ่มเกษตรกร ลานรับซื้อผล/ทะลายปาล์มน้ำมัน ตลอดจนกรมส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานเผยแพร่วิชาการเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน

## วิธีการวิจัยโดยย่อ

การทดลองดำเนินการกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจากต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราอายุ 11 ปี ที่สวนเกษตรกร อ.สะเดา จ.สงขลา โดยผลผลิตที่นำมาใช้ในการทดลองจะได้มาจากการทำเครื่องหมายกับช่อดอกตัวเมียของปาล์มน้ำมันที่มีการบานของดอกวันเดียวกัน คัดทะลายปาล์มน้ำมัน ระยะที่เก็บเกี่ยวคือระยะที่ผลปาล์มน้ำมันเริ่มเปลี่ยนสีจากสีม่วงดำเป็นสีแดง มีการหลุดร่วงของผล 1-10 ผลต่อทะลาย

**การทดลองที่ 1 ผลของเอทิลีนต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน**

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ทะลาย (20 กิโลกรัม) มี 4 วิธีการ (treatment) ทำการรมเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 300, 500 และ

1,000 มิลลิลิตร/ลิตร ($mlL^{-1}$) (เตรียมจากก๊าซเอทิลีน ความเข้มข้น 99.9 เปอร์เซ็นต์ (RRIMFLOW, มาเลเซีย) รมในตู้สี่เหลี่ยมดัดแปลงขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร รมเอทิลีนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

**การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของปาล์มน้ำมัน**

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ทะลาย (20 กิโลกรัม) มี 3 วิธีการ (treatment) ทำการรม 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0, 500 และ 1,000 นาโนลิตร/ลิตร ($nlL^{-1}$) การรมสาร 1-MCP (EthylBloc®, U.S.A ) สารออกฤทธิ์ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ปฏิบัติด้วยการรมตู้เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 รมเป็นเวลา 18 ชั่วโมง

**การทดลองที่ 3 ผลของเอทิลีนและสาร1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน**

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ทะลาย (20 กิโลกรัม) มี 4 วิธีการ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม 2) รมเอทิลีน 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง 3) รมสาร 1-MCP 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง และ 4) รมสาร 1-MCP 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง ตามด้วยรมเอทิลีน 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง จากนั้น นำทะลายปาล์มน้ำมันที่เข้าวิธีการแล้ววางไว้ในอุณหภูมิห้อง เพื่อบันทึกคุณภาพผลทุกวันเป็นเวลา 5 วัน โดยทำการสุ่มผลปาล์มน้ำมันจากส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลายทะลาย ส่วนละ 6 ผล เพื่อบันทึกผลดังต่อไปนี้

1. สีผล ถ่ายภาพบันทึกลักษณะผลปาล์มน้ำมัน และให้คะแนนการเสื่อมสภาพของผลปาล์มน้ำมันโดยมีระดับคะแนน 0 – 5 โดยเป็นคะแนนจากผลปาล์มน้ำมันที่มีระดับของการเกิดอาการเสื่อมสภาพหรือเหี่ยวและไม่สด เท่ากับ 0, 1-10, 11-25, 26-50, 51-75 และ ≥75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
2. ปริมาณน้ำมัน วิเคราะห์โดยใช้วิธีซอห์กเล็ท (Soxhlet extraction)
3. ปริมาณกรดไขมันอิสระ
4. เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผล

**การทดลองที่ 4 ผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว**

วางแผนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3 โดยเก็บตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันของแต่ละวิธีการมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (lipase) โดยวิธีของ Ebongue และคณะ (2006) และสกัดโปรตีนโดยใช้วิธีของ Meyer และคณะ (1988) และวัดปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธีการของ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นมาตรฐาน

## สรุป

### การทดลองที่ 1 ผลของเอทิลีนต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน

1. เอทิลีนทุกความเข้มข้นโดยเฉพาะที่ 1000 มิลลิลิตรต่อลิตร ทำให้ผลปาล์มน้ำมันหลุดร่วงมากกว่าชุดควบคุม และสอดคล้องกับแรงดึงระหว่างขั้วผลของผลและทะลายที่เอทิลีนความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้มีแรงดึงลดลง

2. เอทิลีนเร่งการสุกของผลปาล์มน้ำมันโดยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีผลจากสีดำเป็นสีแดงอมส้มได้เร็วขึ้น

3. เอทิลีนความเข้มข้น 1000 มิลลิลิตรต่อลิตร ทำให้ผลปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้ำมันสูงสุดตลอด 4 วันหลังการได้รับทรีทเมนต์

4. เอทิลีนมีผลทำให้ผลปาล์มน้ำมันมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระต่ำกว่าผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุม เนื่องจากการรมอยู่ในสภาพแห้งทำให้ไม่มีการติดเชื้อจากการเน่าเสีย

### การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของปาล์มน้ำมัน

1. สาร 1-MCP มีผลชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งชะลอการเปลี่ยนสี จากสีดำเป็นแดงอมส้ม โดยทำให้ค่าสีแดง (a* value) ของผลปาล์มน้ำมันที่ได้รับสาร 1-MCP เพิ่มขึ้นช้ากว่าผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุม

2. สาร 1-MCP ทำให้ผลปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้ำมันต่ำกว่าชุดควบคุม เนื่องจากผลสุกช้ากว่า

3. สาร 1-MCP ชะลอการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระยังคงมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 5%)

### การทดลองที่ 3 ผลของเอทิลีนและสาร1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุกของผลปาล์มน้ำมัน

1. เอทิลีนเร่งการสุกของผลปาล์มน้ำมัน โดยเร่งการเปลี่ยนสีจากดำเป็นแดงอมส้มเร็วขึ้น

2. สาร 1-methylcyclopropene ชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมัน

3. การรม 1-MCP ก่อนรมเอทิลีนมีผลชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมัน

4. การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระมากกว่าปาล์มน้ำมันที่ได้รับเอทิลีนและ 1-MCP

5. ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีน มีปริมาณน้ำมันสูงสุด

### การทดลองที่ 4 ผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว

1. ในวันที่ 2 ภายหลังการให้ทรีทเมนต์ พบว่า เอทิลีนมีผลทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นสูงสุด

2. ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP และเอทิลีนมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

3. ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP เพียงอย่างเดียวมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสต่ำสุด

4. ภายหลังการให้ทรีทเมนต์ในวันที่ 4 ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับเอทิลีนมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุดและไม่แตกต่างจากทะลายปาล์มของชุดควบคุม แต่ไม่ปรากฏกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีน

# ภาคผนวก

Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 452-455 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 452-455 (2555)

# ผลของเอทิลีนและเมทิลไซโคลโพรพีนต่อการสุกและคุณภาพของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว

# Effects of Ethylene and 1-Methylcyclopropene on Postharvest Ripening and Quality in Oil Palm Fruit

**นฤมล นวลวิจิตร**[1,2] **และ ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์**[1,3]
Narumol Nualwijit[1,2] and Ladawon Lerslerwong[1,3]

## Abstract

Normally, oil palm fruit bunches are transported to the oil-extracting plant within 24 h after harvest to reduce the increase in free fatty acid (FFA) content which causes low-quality extracted oil. This experiment investigated the effect of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the ripening and changes in FFAs of Tenera oil palm fruits. Oil palm fruit bunches were harvested from 11- year-old trees at commercial plot in Sadao district, Songkhla province. There were 4 treatments including 1) control (no ethylene and no 1-MCP) 2) fumigation with 1,000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h 3) fumigation with 1,000 $mlL^{-1}$ 1-MCP for 18 h and 4) fumigation with ethylene and 1-MCP. The results showed that ethylene significantly promoted fruit ripening based on accelerate peel color change from black to reddish orange, while 1-MCP delayed ripening. Changes in FFAs of the control fruits were increased and their FFA content higher than those of the other treatments. Furthermore, oil palm fruits treated with 1-MCP and ethylene + 1-MCP had higher oil content than the control.

**Keywords** : *Elaeis quineensis*, ripening, free fatty acid

## บทคัดย่อ

โดยทั่วไปหลังการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันจะถูกขนส่งมาถึงโรงงานสกัดน้ำมันอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระ ซึ่งมีผลทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้มีคุณภาพต่ำ การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของเอทิลีนและเมทิลไซโคลโพรพีน (1-MCP) ต่อการสุกและการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน โดยเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราจากต้นอายุ 11 ปี จากแปลงเกษตรกรใน อ.สะเดา จ. สงขลา การทดลองประกอบด้วย 4 กรรมวิธีได้แก่ 1) ชุดควบคุม 2) รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร นาน 24 ชั่วโมง 3) รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 นาโนลิตร/ลิตร นาน 18 ชั่วโมง และ 4) รมด้วยเอทิลีนและ 1-MCP ผลการทดลองพบว่าเอทิลีนเร่งการสุกของผลโดยเร่งการเปลี่ยนสีจากดำเป็นแดงอมส้มเร็วขึ้น ในขณะที่ 1-MCP ให้ผลตรงข้ามกับเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระมากกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีน มีปริมาณน้ำมันสูงสุด

**คำสำคัญ** : ปาล์มน้ำมัน การสุก กรดไขมันอิสระ

## คำนำ

ภายหลังการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ผลจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งกรดไขมันอิสระเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันปาล์ม โดยตามมาตรฐานน้ำมันจะกำหนดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นภายหลังเก็บเกี่ยวต้องรีบขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันภายในเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดการเกิดกรดไขมันอิสระและลดการสูญเสียน้ำมันจากการกำจัดกรดไขมันอิสระ(พรชัย, 2549) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมขายผลปาล์มน้ำมันร่วงเนื่องจากได้ราคาดีกว่าขายผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลาย อีกทั้งมีการศึกษาบ่มทะลายปาล์มน้ำมันด้วยเอทีฟอนเพื่อเร่งการหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมัน ผลการทดลองพบว่าการบ่มด้วยเอทีฟอนสามารถทำให้ผลปาล์มน้ำมันหลุด

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resource, Prince of Songkla University, Songkhla
[2] สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา
[2] Center of Excellence in Agricultural and Natural Resources Biotechnology, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Prince of Songkla University, Songkhla

ร่วงออกจากก้านทะลายย่อยได้ แต่ทำให้ผลเน่าและมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (ธีระพงศ์ และคณะ, 2539) เมทิลไซโคลโพรพีน (1-methylcyclopropene, 1-MCP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ถูกนำมาใช้เพื่อชะลอการสุกและรักษาคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาในปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอทิลีนและเมทิลไซโคลโพรพีนต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลปาล์มน้ำมัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราในระยะแก่ทางการค้าจากต้นอายุ 11 ปี ของเกษตรกรใน อ.สะเดา จ.สงขลา น้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัมต่อทะลาย วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์ ทำ 3 ซ้ำ (1 ทะลายคือ 1 ซ้ำ )ประกอบด้วย 4 วิธีการคือ ชุดควบคุม รมเอทิลีน 1,000 มิลลิลิตรต่อลิตร นาน 24 ชั่วโมง รมสาร 1-MCP (EthylBloc®) 1,000 นาโนลิตรต่อลิตร นาน 18 ชั่วโมง และรมสาร 1-MCP ในตู้รมสารพลาสติกดัดแปลงขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เก็บตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันจาก 3 ส่วนของทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ส่วนโคน กลาง ปลาย ส่วนละ 9 ผล รวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 5 วันหลังจากเก็บเกี่ยว โดยบันทึก จำนวนผลร่วง ประเมินความสดของทะลาย วัดการเปลี่ยนแปลงสีผลจากดำเป็นส้มแดงด้วยเครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-400) โดยใช้ค่า L* a* b* (L* คือค่าความสว่าง ,a* คือค่าสีแดง ,b* คือค่าสีเหลือง) ส่วนละ 3 ผล ผลละ 3 ครั้ง บริเวณกึ่งกลางผล (รอยต่อที่ผลเปลี่ยนสีจากดำเป็นส้มแดง)วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระโดยหั่นแยกส่วนเนื้อปาล์มน้ำมันออกจากส่วนเมล็ดนำไปนึ่งในหม้อนึ่ง 5 นาที บีบน้ำมันชั่งน้ำหนัก 2 กรัม ผสมไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) 50 มิลลิลิตรอุ่นให้น้ำมันละลายในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 55 °ซ หยดฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 0.1% 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N จนถึงจุดยุติคือเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง นำไปคำนวณค่ากรดไขมันอิสระ โดยคิดเป็นค่าคงที่กรดไขมันอิสระสำหรับปาล์มมิติก (palmitic) (เบญจมาภรณ์ , 2552) สำหรับการวัดปริมาณน้ำมันใช้วิธีพาร์ทิชัน-ชั่งน้ำหนัก (partition-gravimetric method) แล้วอบที่อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด และชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 2 กรัม ผสมเฮกเซน (hexane) 20 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไประเหย hexane ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 80 °ซ เป็นเวลา 20 นาที นำตัวอย่างน้ำมันที่เหลือมาชั่งน้ำหนักน้ำมัน แล้วคำนวณค่าปริมาณน้ำมัน

## ผล

ผลการทดลองพบว่า การรมด้วยเอทิลีนเร่งการสุกของผลปาล์มน้ำมัน โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณกึ่งกลางผลที่เปลี่ยนจากดำเป็นส้มแดงที่เกิดขึ้นเร็วกว่าผลในชุดควบคุม ส่วนการรมด้วย 1-MCP มีผลชะลอการสุกของผลปาล์มน้ำมัน โดยทำให้การเปลี่ยนสีผลจากดำเป็นส้มแดงช้าลง ในขณะที่การรมด้วยเอทิลีนร่วมกับ 1-MCP ทำให้การสุกของผลปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นเร็วกว่าผลชุดควบคุมและผลที่รมด้วย 1-MCP แต่สุกช้ากว่าผลที่ได้รับเอทิลีน (Figure 1) สำหรับปริมาณกรดไขมันอิสระพบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากที่สุด และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยวและมีปริมาณมากที่สุดในวันที่4หลังการเก็บเกี่ยวและพบว่าวิธีการรมด้วยเอทิลีนร่วมกับ1-MCPในวันที่ 4 หลังการเก็บเกี่ยวทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าและต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงส่งผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้ (Table 1) โดยพบว่าวิธีการรมด้วย 1-MCP และ วิธีการรมด้วยเอทิลีนร่วมกับ 1-MCP นั้นทำให้สามารถสกัดน้ำมันได้มากกว่าชุดควบคุมและวิธีการรมด้วยเอทิลีนในวันที่ 4 หลังการเก็บเกี่ยวซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 1 Effects of ethylene and 1-MCP on oil content in oil palm fruits after treatment

| Treatment | Oil content (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Control | 39.3 | 37.4 ab | 36.8 | 49.2 ab | 42.8 b |
| 1000 $mlL^{-1}$ Ethylene | 36.1 | 33.6 b | 34.2 | 38.6 b | 42.4 b |
| 1000 $nlL^{-1}$ 1-MCP | 41.6 | 39.7 ab | 39 | 51.9 ab | 57.6 a |
| Ethylene + 1-MCP | 42.9 | 42.4 a | 39.8 | 52.4 a | 55.6 a |

Mean separation within columns by least significant difference ($P$ = 0.01) 1-MCP = 1-methylcyclopropene

Table 2 Effects of ethylene and 1-MCP on free fatty acid (FFA) content in oil palm fruits after treatment

| Treatment | Percentage of FFA (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Control | 8.8 | 10.8 ab | 8.6 | 9.3 | 14.1 a |
| 1000 $mlL^{-1}$ Ethylene | 9.5 | 7.6 b | 7.6 | 8.1 | 8.6 b |
| 1000 $nlL^{-1}$ 1-MCP | 5.8 | 8.1 b | 6.8 | 7.7 | 10.2 b |
| Ethylene + 1-MCP | 6.9 | 13.6 a | 7.4 | 9.7 | 10.3 b |

Mean separation within columns by least significant difference ($P$ = 0.01) 1-MCP = 1-methylcyclopropene

Table 3 Effects of ethylene and 1-MCP on redness in oil palm fruits after treatment

| Treatment | a* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Control | 27.5 ab | 30.2 b | 30.9 a | 31.4 b | 32 bc |
| 1000 $mlL^{-1}$ Ethylene | 25.3 b | 29.1 b | 26.7 b | 28.7 c | 28.9 c |
| 1000 $nlL^{-1}$ 1-MCP | 27.4 b | 31.1 b | 31.2 a | 32.4 b | 33.6 ab |
| Ethylene + 1-MCP | 30.5 a | 34.4 a | 34.1 a | 35.4 a | 35.6 a |

Mean separation within columns by least significant difference ($P$ = 0.01) 1-MCP = 1-methylcyclopropene

Figure 1 Peel color turned from black to reddish orange in oil palm fruits 4 days after treatment.

## วิจารณ์ผล

ระหว่างการสุกของผลปาล์มน้ำมันเปลือกจะเปลี่ยนสีจากดำเป็นส้มแดง เริ่มจากผลส่วนปลายทะลายไปยังผลส่วนโคนทะลาย การใช้เอทิลีนทำให้ผลเปลี่ยนสีหรือมีการสุกเพิ่มขึ้น สามารถเร่งการหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายปาล์มน้ำมันได้ดี เนื่องจากผลปาล์มน้ำมันเป็นผลประเภท climacteric fruit ซึ่งเอทิลีนมีผลต่อการเร่งการสุกและการหลุดร่วงของผล (ธีระพงศ์ และคณะ ,2539) ตรงข้ามกับการใช้สาร 1-MCP ซึ่งสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผล ลดการหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมันจากทะลาย เนื่องจาก 1-MCP มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ทำให้ผลปาล์มน้ำมันที่ได้รับสาร 1-MCP ยังคงความสดของผลไว้ได้นาน สำหรับการเกิดกรดไขมันอิสระในน้ำมันนั้น การใช้เอทิลีนและ 1-MCP ทำให้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระน้อยกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการรมด้วยเอทิลีนทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาทะลายได้นานเนื่องจากผลเหี่ยวไม่สด วิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับการเร่งให้เกิดการหลุดร่วงของผลในทะลาย ในขณะที่การรมด้วย 1-MCP นั้นทำให้สามารถเก็บ

รักษาทะลายปาล์มน้ำมันไว้ได้นานกว่าและผลยังคงมีลักษณะที่สด อีกทั้งมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระช้ากว่าและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มีมากกว่าผลที่ไม่ได้รับ 1-MCP และได้รับเอทิลีน เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาใช้ร่วมกันจึงพบว่า สามารถเร่งการสุกและการร่วงของผลปาล์มน้ำมันได้ โดยผลปาล์มน้ำมันยังมีคุณภาพดี รวมทั้งสกัดน้ำมันได้มากกว่าและมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบแนวทางการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของปาล์มน้ำมันโดยใช้เอทิลีนและ 1-MCP

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ธีระพงศ์ จันทร์นิยม, ประกิจ ทองคำ, อรวรรณ จันทนฤกษ์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2539. การใช้ calcium carbide และ ethephon เพื่อเร่งการร่วงของผลปาล์ม.ว.สงขลานครินทร์ 18 : 293 – 299.

เบญจมาภรณ์ พิมพา, ดวงแข กาญจนโสภา และโสภณ บุญล้ำ. 2552. การศึกษาผลของการบ่มปาล์มน้ำมันต่อปริมาณน้ำมันและกรดไขมันอิสระ. สัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2552 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคและอุปโภค. สำนักพิมพ์มติชน. กรุงเทพฯ.

# Ripening Delay and Reduction of Free Fatty Acids of Oil Palm Fruit in Response to 1-Methylcyclopropene

N. Nualwijit[1], L. Lerslerwong[1,2] and W. Imsabai[2,3]
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90112, Thailand
[2] Thailand Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand
[3] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamhaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 74130, Thailand

**Keywords:** 1-MCP, *Elaeis guineensis*, free fatty acids, fruit ripening

**Abstract**

**The harvested oil-palm fruit bunches are transported quickly to processing, within 24 hours, due to a rapid increase in the free fatty acids (FFA). The FFA lower the quality of palm oil. As an inhibitor of ethylene action, 1-methylcyclopropene (1-MCP) is widely used and effectively delays the ripening of numerous climacteric fruits, helping to maintain quality. The goal of this study is to find out whether 1-MCP treatment can improve the quality of palm oil. We investigated fresh fruit bunches at harvest stage of 'Tenera' oil-palm. Fumigations with 1-MCP at concentrations of 0, 500 and 1000 nl $L^{-1}$ were done in a closed plastic box for 18 hours. Each fruit bunch was evaluated for three sections: fruitlets at the bottom, middle and top. The ripening of palm fruit was delayed by 1-MCP, when evaluated by the fruit peel coloring that turns from black to reddish orange. The fumigations did not affect total fruit oil content. FFA in palm fruit increased rapidly and were the highest on day 1 after treatments. The percentage of FFA in 1-MCP treated fruits, however, was lower than in untreated control, especially in fruit at the bottom or top of a bunch. The 1-MCP applications also stopped further changes in FFA content in the following 2 to 4 days. In conclusion, 1-MCP application has the potential to maintain the level of FFA in palm fruit after harvest, and to allow longer times of transportation from the fields to the manufacturers.**

## INTRODUCTION

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is globally the most important oil crop. Free fatty acids (FFA) are released naturally in crude palm oil by the action of specific enzymes, the lipases, within the palm fruit. During storage, FFA is also produced by the reactions of oil with water. For trading purposes, the Palm Oil Refiners Association of Malaysia standard specifies a 5% maximum for the FFA content (as palmitic acid) in crude palm oil; off-specification product is not of value. The FFA have a strong negative impact on oil quality (Ohlson, 1976). Oxidation of FFA results in rancidity and loss of quality (Sambanthamurthi et al., 2000). Therefore, the oil-palm fruit bunches are heated immediately after harvest to inactivate the lipases, and to avoid an unacceptable level of FFA in the oil (Che Man et al., 1999). Due to its effectiveness 1-methylcyclopropene or 1-MCP, a gaseous compound that binds irreversibly to ethylene receptors and thereby prevents ethylene-dependent response, is used widely to delay the ripening and to maintain the quality of numerous commodities (Blankenship and Dole, 2003; Watkins, 2008). However, most of its practiced applications are in fruits and vegetables.

No prior published research is available on the effects of 1-MCP in harvested oil-palm fruit bunches. We set to find out whether 1-MCP could delay the ripening and also protect against increases of FFA in oil palm fruit.

## MATERIALS AND METHODS

Nine bunches (one bunch from each palm) of 'Tenera' oil-palm were harvested from 11-year-old trees at a commercial field in Songkhla Province, southern Thailand,

and then transported within 1 hour to the laboratory at the Prince of Songkla University. Fruit bunches were subjected to various treatments, namely fumigations with 0, 500 and 1000 nl $L^{-1}$ 1-MCP. The 1-MCP was obtained from EthylBlock® powder (0.14% active ingredient, Rohm and Haas Company, USA). Fumigations with the gaseous 1-MCP were done in a closed plastic box (1×1×1 m) for 18 hours. Treatment and storage condition of the palm branches was at 30±1°C. The oil-palm fruit bunches were assessed for three main sections separately (front, middle and bottom). Fruit were collected from outer and inner layers of each region, randomly. Results are given as means of 3 replicate samples.

Fruit peel color at the middle of fruitlet was measured using a hand-held colorimeter (CR-400, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan), with the standard CIE illuminant in the *L**, *a**, *b** mode. From the fruit samples, mesocarp was extracted and weighted, chopped and blended to get particulate slurries. The oil was extracted by partition-gravimetric method using hexane as the solvent. Crude oil samples from each treatment were collected at daily intervals, and filtered through No. 2 Whatman filter paper in an oven (90°C), to remove enzymes. Acid values of enzyme-free samples were determined by the AOCS (1989) titration method. The results were calculated from the number of milligrams of KOH necessary to neutralize the FFA in 1 g of sample, and expressed as the equivalent percent palmitic acid. Statistical analyses of the data were performed using the R environment version 2.12.1. Analysis of variance was performed using the F test, and the least significant differences (LSD) computed at 5% probability for comparing the means between treatments.

## RESULTS AND DISCUSSION

The effects of 1-MCP on free fatty acids are shown in Table 1. In the control fruit, the FFA percentage was higher than the standard 5% maximum for crude palm oil: three-fold so one day after harvest. Thereafter the FFA levels decreased, still remaining in violation of the standard. Though the FFA levels were two-fold higher than standard also in the 1-MCP treated fruit, they were lower than in the control. Moreover, these FFA contents remained constant for the time span observed in our experiments. Both 1-MCP concentrations, 500 and 1000 nl $L^{-1}$, were effective in preventing the postharvest increase of FFA levels in oil-palm fruit.

The ripening process was also delayed by 1-MCP, when observed through skin color change. In our case with 'Tenera' oil-palm, the fruit peel coloring turns from black to reddish orange. The influences of 1-MCP on fruit peel color are shown in Figures 1-4. The ripening index changed from its initial around 0% values to about 100% in 4 days (data not shown). Oil palm fruitlets in the bunch ripen in order, from top to bottom. Thus, the ripening degree decreases as we move from the top to the middle and then to the bottom. This ripening degree affects the response to 1-MCP exposure, so that the more ripened fruit have a stronger response and their further ripening is delayed. The 1-MCP treatments effectively delayed the changes in *L**, *a** and *b** values, especially of the fruitlets in top and middle sections. A similar delay was observed in the development of total oil content, shown in Table 2. The total oil level with 1-MCP treatment was lower than in control: the oil-palm fruit were not yet ripe. Fruit oil yields correlated with ripeness stage and with the different sections of the bunch. Fruit oil yield at fully ripe stage, 20 weeks after anthesis, is higher than at other stages of fruit development before harvest (Keshvadi et al., 2011). This observation is consistent with our results. Keshvadi et al. (2011) also reported that the oil yield of fruit in the bottom section of bunch is similar to the fruit in the middle section. The fruit in the top section have the least oil yield in the bunch.

## CONCLUSIONS

Fumigation for 18 hours with 500 or 1000 nl $L^{-1}$ 1-MCP delayed the ripening of harvested oil-palm fruit, and the free fatty acids did not increase after these treatments.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

The research was financially supported a grant from Prince of Songkla University, contract no. NAT540688S, the Center of Excellence in Agricultural and Natural Resources Biotechnology and Oil Palm Agronomical Research Center: Phase 2, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. We also acknowledge the help of Assoc. Prof. Dr. Seppo Karrila for the improvement of the manuscript.

**Literature Cited**

AOCS. 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn. American Oil Chemists' Society, Champaign, Method Ca 5a-40.

Blankenship, S.M. and Dole, J.M. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. Postharvest Biol. Technol. 18:1-25.

Che Man, Y.B., Moh, M.H. and van de Voort, F.R. 1999. Determination of free fatty acids in crude palm oil and refined-bleached-deodorized palm olein using Fourier transform infrared spectroscopy. JAOCS 76:485-490.

Keshvadi, A., Endan, J.B., Harun, H., Ahmad, D. and Saleena, F. 2011. The relationship between palm oil quality index development and physical properties of fresh fruit bunches in the ripening process. Adv. J. Food Sci. Technol. 3:50-68.

Ohlson, J.S.R. 1976. Processing effects on oil quality. JAOCS 53:299-301.

Sambanthamurthi, R., Sundram, K. and Tan, Y.A. 2000. Chemistry and biochemistry of palm oil. Progress Lipid Res. 39:507-558.

Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. HortSci. 43:86-94.

## Tables

Table 1. The free fatty acid contents of oil-palm fruit after 18 h fumigation treatments with 0, 500, or 1000 nl $L^{-1}$ 1-MCP.

| Treatment (nl $L^{-1}$ 1-MCP) | Free fatty acid (%) * | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 15.57 a | 12.45 a | 8.86 b | 10.57 b |
| 500 | 9.62 b | 11.28 ab | 8.00 b | 10.68 b |
| 1000 | 8.22 b | 9.24 b | 12.00 a | 7.84 a |

* Means within columns followed by different letters were significantly different at *P*=0.01 by LSD.

Table 2. Total oil contents of oil-palm fruit after 18 h fumigation treatments with 0, 500, or 1000 nl $L^{-1}$ 1-MCP.

| Treatments (nl $L^{-1}$ 1-MCP) | Total oil content (%) * | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 67.09 a | 41.20 | 48.88 a | 30.91 a |
| 500 | 57.86 b | 38.11 | 40.92 ab | 33.99 a |
| 1000 | 57.03 b | 39.23 | 36.86 b | 24.46 b |

* Means within columns followed by different letters were significantly different at *P*=0.01 by LSD.

**Figures**

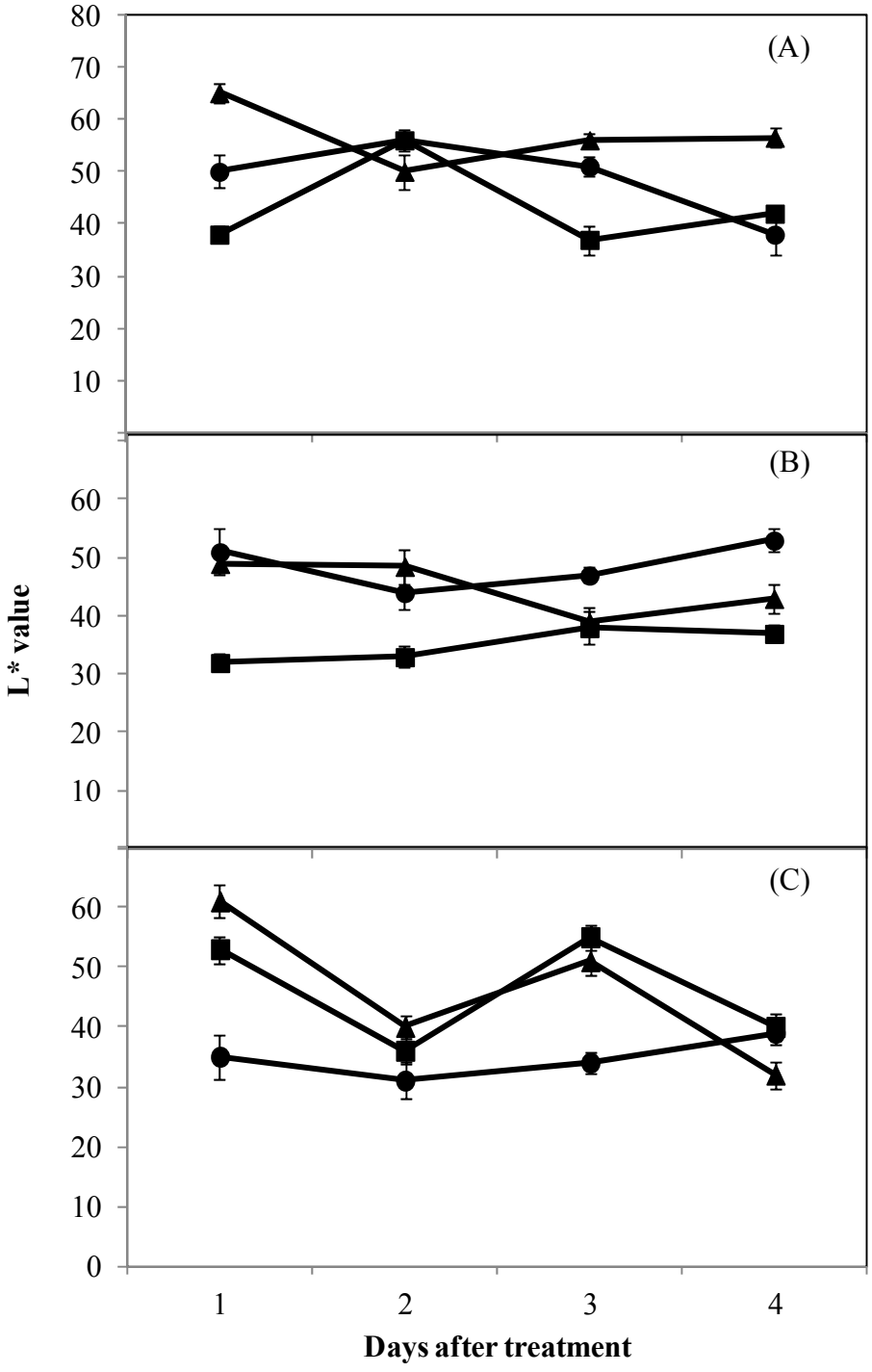


Fig. 1. Peel colour (L* values) of oil palm fruitlets at the bottom (A), the middle (B) and the top (C) of the bunch after treated with 0 (●), 500 (■), or 1000 (▲) nl $L^{-1}$ 1-MCP for 18 h.

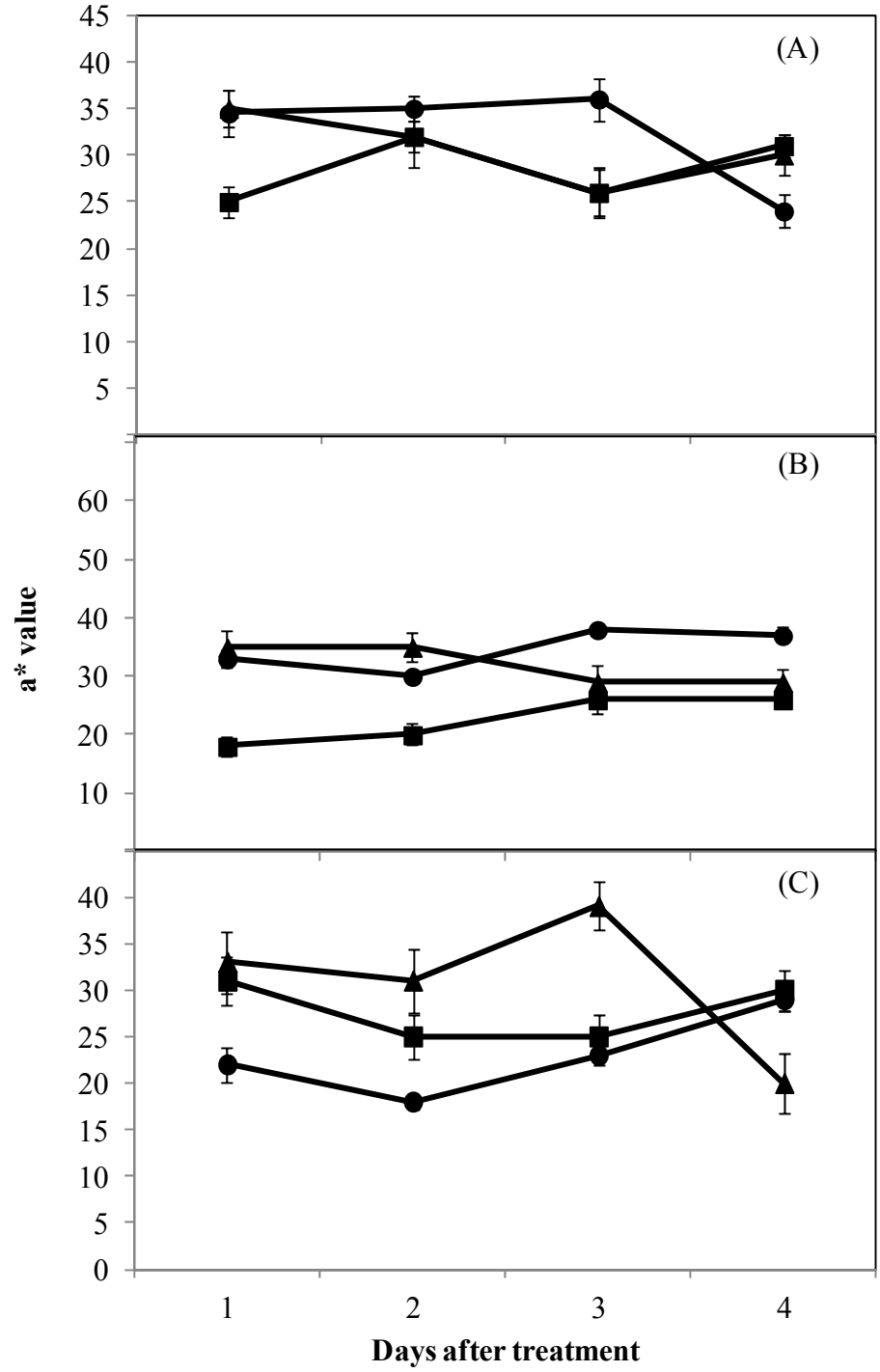


Fig. 2. Peel colour (a* values) of oil palm fruitlets at the bottom (A), the middle (B) and the top (C) of the bunch after treated with 0 (●), 500 (■), or 1000 (▲) nl $L^{-1}$ 1-MCP for 18 h.

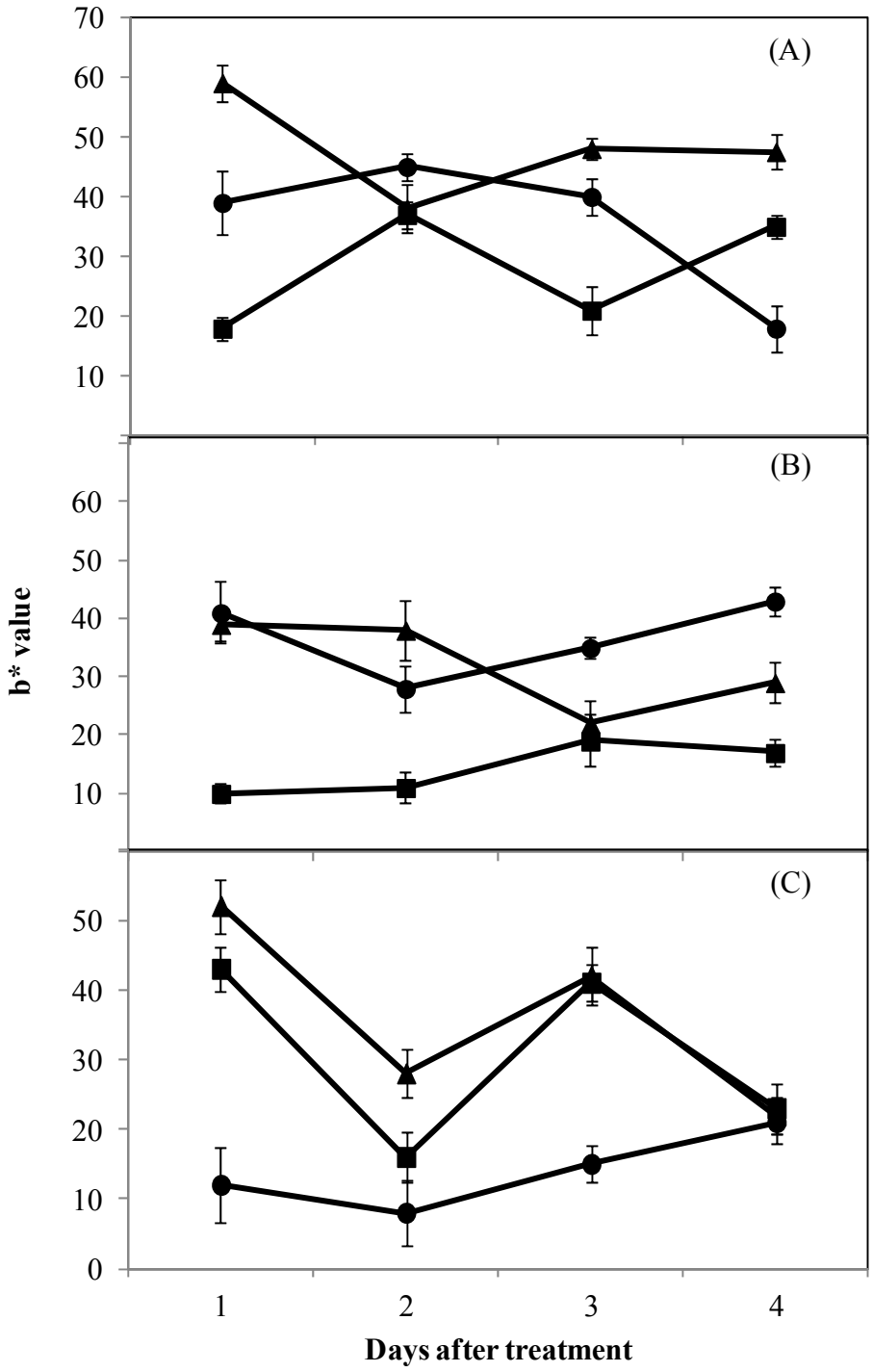


Fig. 3. Peel colour (b* values) of oil palm fruitlets at the bottom (A), the middle (B) and the top (C) of the bunch after treated with 0 (●), 500 (■), or 1000 (▲) nl $L^{-1}$ 1-MCP for 18 h.

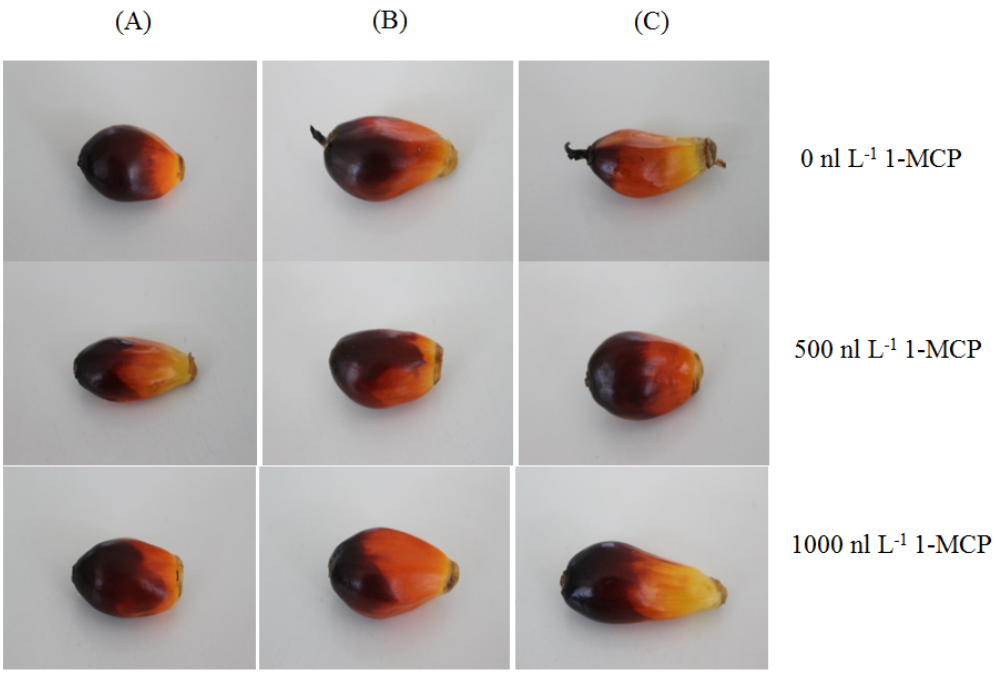


Fig. 4. Peel coloring of fruitlets turning from black to reddish orange observed on day 4 in the bottom (A), the middle (B) and the top (C) of the bunch after treatment with 0, 500 or 1000 nl $L^{-1}$ 1-MCP for 18 h.

Songklanakarin J. Sci. Technol.
36 (3), 255-259, May - Jun. 2014

SJST SONGKLANAKARIN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
http://www.sjst.psu.ac.th

*Original Article*

# Post harvest ripening of oil palm fruit is accelerated by application of exogenous ethylene

Narumol Nualwijit[1] and Ladawan Lerslerwong[1,2]*

[1] *Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.*

[2] *Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Ratchathewi, Bangkok, 10400 Thailand.*

Received 26 July 2013; Accepted 16 December 2013

**Abstract**

Experiments were conducted with fresh fully mature fruit bunches of Tenera variety oil-palm. Palm fruit bunches were exposed to 0, 250, 500 or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 hours. Each fruit bunch was evaluated in three separate sections: the bottom, the middle, and the top. The exogenous ethylene treatments significantly hastened palm fruit ripening, quantified by an increase in the fruit peel coloring that turns from black to reddish orange. Ethylene treatments also significantly eased detaching the fruit, by reducing the tension force required. Total oil contents of fruit increased with 1000 $mlL^{-1}$ ethylene treatment. Free fatty acids (FFA) in untreated palm fruit, especially in the bottom section, were at their highest levels 2 days after harvest, and the FFA levels were lowered by ethylene treatments. In summary, exogenous ethylene fumigation accelerated the ripening of oil palm fruit, increased oil yield, and decreased the FFA levels.

**Keywords:** ethylene, FFA, oil palm, oil content

## 1. Introduction

In oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fruit bunches, the fruitlets do not ripen simultaneously: owing to slight variations in the time of pollination. The fruit ripen first on the bottom, and the ripening 'front' progresses towards the top of the bunch (Sambanthamurthi *et al.*, 2000). This asynchronous ripening affects the quality of extracted palm oil. The oil palm is a monocot fruit subject to climacteric ripening with high amounts of lipids accumulated during fruit maturation (Ohlson, 1976; Tranbarger *et al.*, 2011). In oil palm industry, there are various steps involved in the processing crude palm oil from field to mill including: a) reception of the raw material, b) sterilization, c) threshing, d) fruit digestion and e) processing for crude palm oil (CPO). Before sterilization, oil palm fruitlets are split from the fresh fruit bunches (FFB) into smaller pieces by the rotating threshing drum before being relayed to a large cage. The threshing drum aids in the separation of the fruit from the husks; however, a lot of energy is needed and consumed in this process (Ismail *et al.*, 2011). Hence, the application of some plant growth regulators to loosen the fruitlets before they are detached from the bunch in threshing process is helpfulness that fruitlets can be detached more easily.

Ethylene is known as a ripening hormone, and it is widely applied to hasten the maturation of especially climacteric type of fruits: exogenous ethylene application promotes ripening (Lurie, 2000). There are, however, only few past reports on its application to stimulate fruit maturation in oil palm. Suryanto and Bardaie (1994) have reported the application of an ethylene releasing substance (2-chloroethyl phosphonic acid; ethephon) sprayed on the cut spikelets or

* Corresponding author.
Email address: ladawanllw@yahoo.com, ladawan.l@psu.ac.th

brushed on the cut stalk of a fresh fruit bunch (FFB) just after harvesting. They found that ethephon reduced the detachment force significantly and did not influence the development of FFA. Further, Juntaraniyom *et al.* (1996) have studied the application of acetylene (calcium carbide), and ethephon to stimulate the fruit drop of oil palm. Their ethylene treatments did increase the percentage of fruit abscission. However, they also found increased levels of FFA, and more fruit rot, as side effects of acetylene and ethephon application. Recently, Ismail *et al.* (2011) reported that they used ethephon to loosen the fruitlets before using the vibrational oil palm fruit detaching machine. They also reported that ethephon had no side effects on the fruit components or moisture content of the oil palm bunches.

There is no prior published research on the effects of directly exposing harvested oil palm fruit to gaseous ethylene. In this study, we exposed harvested oil palm fruit to various concentrations of ethylene gas, and report the treatment effects on fruit ripening, total oil yield, and FFA levels.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Plant materials

Twelve bunches (one bunch from each of 12 oil-palm trees; each bunch contains approximately 1000 to 1200 fruitlets) of Tenera variety oil-palm were harvested from 11 year-old trees at a commercial field in Songkhla Province, southern Thailand, and then transported within 1 hour to the laboratory at Prince of Songkla University.

### 2.2 Ethylene treatments

Fruit bunches were subjected to four treatments, namely fumigations with 0, 250, 500, or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene. The various concentrations were prepared by diluting pure gaseous ethylene (99.9999% active ingredient). The fumigations were done in a sealed plastic box (1 m x 1 m x 1m) for 24 hours at 30°C. The final concentration of each treatment was measured with gas chromatograph. The oil-palm fruit bunches were sampled from three main sections separately (front, middle and bottom). Nine fruitlets were collected from outer and inner layers of each region, randomly. Results are given as means of 3 replicate samples.

### 2.3 Data recording

Peel color at the middle of fruit was measured using a hand-held colorimeter (CR-400, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan), with the standard CIE illuminant in the $L^*$, $a^*$, $b^*$ mode. The measurement was done at the middle of the fruit. We used a digital force gauge that measures the kg resistance (Force Gauge IPX-800, Bowers) to determine the fruit retention force in each section of the fruit bunch: this was recorded as mentioned in fruit sampling. From the fruit samples, mesocarp was extracted and weighted, chopped and blended to get particulate slurries. The oil was extracted in a soxhlet extractor using hexane as the solvent. Crude oil samples from each treatment were collected at daily intervals, and filtered through No. 2 Whatman filter paper in an oven (90°C), to remove enzymes. Acid values of enzyme-free samples were determined by the AOCS (1989) titration method. The results were calculated from the number of milligrams of KOH necessary to neutralize the FFA in 1 g of sample, and expressed as the equivalent percent palmitic acid.

### 2.4 Statistics

Statistical analyses of the data were performed using the R environment version 2.12.1. Analysis of variance was performed using the F test, and the least significant differences (LSD) computed at 5% probability for comparing the means between treatments.

## 3. Results and Discussion

The effects of ethylene gas on fruit abscission are shown in Figure 1. The number of abscised fruit was highest with 1000 $mlL^{-1}$ ethylene treatment. The effect was concentration dependent in the same manner as the observed retention force, which decreased with treatment concentration (Table 1). The ripening was hastened by ethylene treatments, as observed through color change. In the case of Tenera variety oil-palm, fruit peel coloring turns from black to reddish orange. An ethylene treatment at 1000 $mlL^{-1}$ increased the $a^*$ value effectively (Figure 2), and the ripening score reached about 100% values within one to two days after the ethylene treatment (data not shown). The oil palm fruitlets in a bunch ripen in an order from the bottom to the middle and to the top. Thus, the ripening degree decreases with the section of the bunch, from the bottom to the middle to the top.

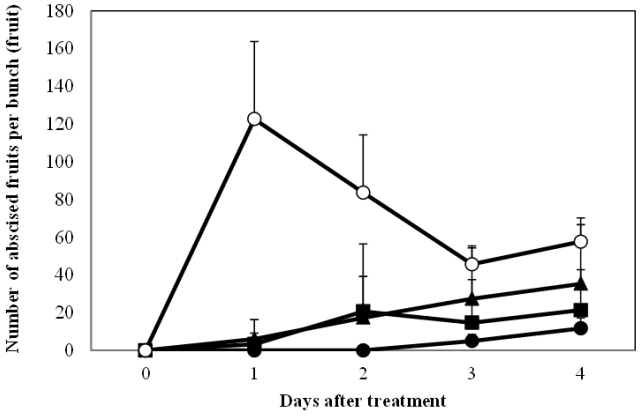


Figure 1. Numbers of abscised fruit with 0 (●), 250 (■), 500 (▲), or 1000 (o) $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h after treatments. Vertical bars represent standard errors of means.

Table 1. Retention force of oil-palm fruit after treatments with 0, 250, 500, or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h.

| Treatments | Retention force (N) [1] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 239.9 ± 9.6 a | 188.2 ± 10.8 c | 176.1 ± 11.7 c | 164.8 ± 14.5 c |
| 250 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 232.9 ± 11.3 a | 175.3 ± 65.2 c | 80.1 ± 36.6 b | 78.8 ± 35.5 b |
| 500 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 216.9 ± 11.8 a | 95.8 ± 19.3 b | 80.7 ± 23.5 b | 57.9 ± 22.7 b |
| 1000 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 220.9 ± 24.8 a | 22.7 ± 13.2 a | 9.9 ± 2.7 a | 8.4 ± 2.2 a |

[1] Means followed by different letters within a column are significantly different at $P$=0.01 by LSD

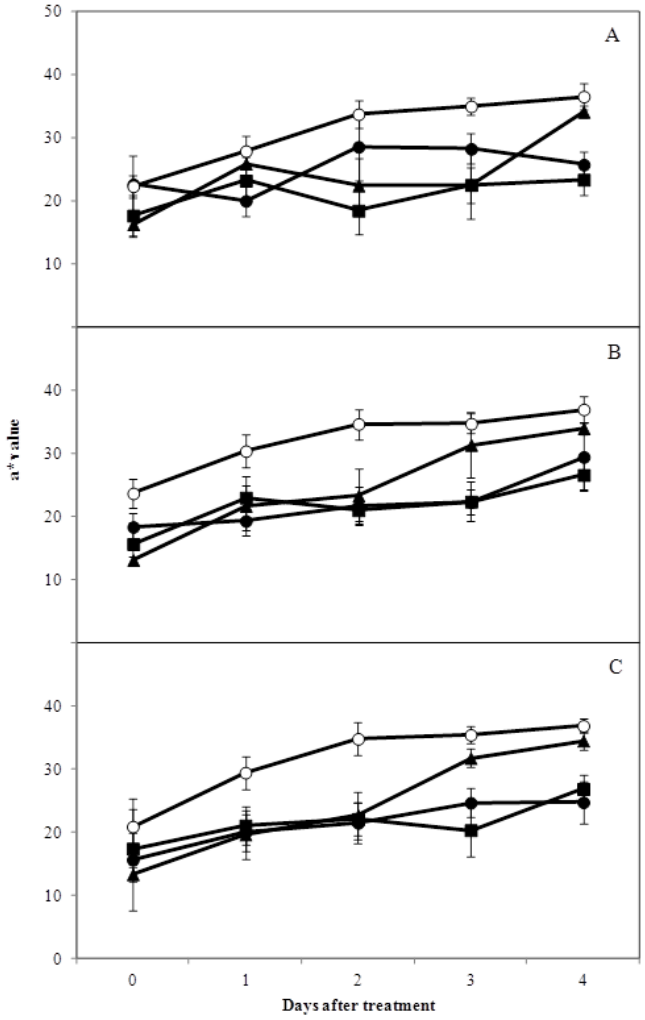


Figure 2. Peel colour (a* values) of oil palm fruitlets at the bottom (A), the middle (B) and the top (C) of the bunch after treated with with 0 (●), 250 (■), 500 (▲), or 1000 (o) $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h. Vertical bars represent standard errors of means.

Oil yield of ethylene treated fruit was not affected by ripening stage or the different sections. However, 1000 $mlL^{-1}$ ethylene was the most effective concentration for increasing oil yield (Table 2). These increases of oil content in palm fruit match the reports of Oo *et al.* (1986) and Sambanthamurthi *et al.* (2011): an apparent increase of oil content after harvest, while the fruit ripens, is a consequence of desiccation.

The level of FFA is a major determinant of oil quality and the increase in FFA levels in fruit palm oil is attributed to the action of a lipase enzyme (Sambanthamurthi *et al.*, 2011). Free fatty acids were investigated and the results are summarized in Table 3. The FFA percentage did not meet the commercial standard that allows a maximum of 5% FFA in crude palm oil, with any of our treatments: also the control fruit exceeded this limit by three fold (two days post harvest, after which the level decreased slightly). The ethylene treated fruit did have a lower FFA than the control fruit, but still exceeded the standard limit by two fold. Moreover, the FFA content of treated fruit was almost constant through the time observed. The 500 and 1000 $mlL^{-1}$ of ethylene were the most effective treatments against postharvest increases of FFA levels in oil palm fruit. It is possible that oil palm fruit's ripening is accelerated early by the ethylene fumigation. Normally, lipase activity is first observed at 16 weeks after anthesis (WAA) and reaches a maximum level at 21 WAA and then declines after 21 WAA, harvest stage (Sambanthamurthi *et al.*, 2011).

The result of fumigation with gaseous ethylene resembled the reported using calcium carbide and ethephon, as it also stimulates oil-palm fruit drop with a significant increase in FFA level (Juntaraniyom *et al.*, 1996). In addition, FFA level in the overripe fruits may also caused by microbial infection (Sambanthamurthi *et al.*, 2011; Togoe *et al.*, 2012). However, we found no fruit rot after any of our ethylene treatments. Possibly this difference was caused by the dry condition of the fumigation treatment, whereas the calcium carbide gave off heat and ethephon was a wet treatments that gave more favorable condition for micro-organisms causing

Table 2. Total oil contents of oil-palm fruit after treatments with 0, 250, 500, or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h.

| Treatments | Total oil content (%) [1] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 40.6 ± 1.7 b | 36.2 ± 18.1 b | 35.0 ± 1.2 bc | 34.3 ± 6.5 b |
| 250 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 44.6 ± 2.5 b | 33.4 ± 0.9 bc | 29.3 ± 4.5 c | 38.9 ± 1.9 b |
| 500 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 56.2 ± 5.6 a | 29.0 ± 0.4 c | 28.3 ± 0.4 c | 37.8 ± 1.9 b |
| 1000 $mlL^{-1}$ $C_2H_4$ | 53.6 ± 1.2 a | 45.3 ± 0.4 a | 68.6 ± 0.8 a | 68.6 ± 1.8 a |

[1] Means followed by different letters within a column are significantly different at $P$=0.01 by LSD

Table 3. Free fatty acids of oil-palm fruit after treatments with 0, 250, 500, or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene for 24 h.

| Treatments | Free fatty acids (%) [1] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Days after treatment | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 ppm $C_2H_4$ | 7.8 ± 0.5 a | 15.1 ± 2.4 b | 14.6 ± 0.6 b | 13.2 ± 1.5 b |
| 250 ppm $C_2H_4$ | 8.7 ± 0.1 a | 14.4 ± 0.6 b | 12.8 ± 0.4 b | 12.2 ± 1.0 b |
| 500 ppm $C_2H_4$ | 7.7 ± 0.4 a | 11.8 ± 0.4 a | 9.7 ± 0.2 a | 9.5 ± 0.3 a |
| 1000 ppm $C_2H_4$ | 6.4 ± 0.8 a | 10.4 ± 0.4 a | 8.1 ± 0.4 a | 7.5 ± 0.5 a |

[1] Means followed by different letters within a column are significantly different at $P$=0.01 by LSD

fruit rot.

In conclusion, postharvest 24 h exposure to 250, 500 or 1000 $mlL^{-1}$ ethylene stimulates fruit abscission and ripening of oil-palm fruit, increased oil yield and decreased the FFA levels. No harmful side-effects were observed. The use of ethylene gas to detach the fruitlets from the bunch will further improve the efficiency in the mill.

**Acknowledgements**

The research was financially supported by a grant from Prince of Songkla University, contract no. NAT540688S, the Center of Excellence in Agricultural and Natural Resources Biotechnology and Oil Palm Agronomical Research Center : Phase 2, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. We also acknowledge the help of Assoc. Prof. Dr. Seppo Karrila for the improvement of the manuscript.

**References**

AOCS. 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, Method Ca 5a-40.

Ismail, W.I.W., Yip, L.W., Razali and M.H. 2011. Determination of the optimum frequency for *Elaeis guineensis* Jacq. detachment. African Journal of Agricultural Research. 6, 5656 – 5663.

Juntaraniyom, T., Tongkum, P., Eksomtramage, T. and Chuntanalurg, O. 1996. Use of calcium carbide and ethephon to stimulate fruit drop of oil palm. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 18, 293–299.

Lurie, S. 2000. Manipulating fruit development and storage quality using growth regulators. In: Plant growth regulators in agriculture and horticulture. Food Products Prens, London, U.K., pp 175-196.

Ohlson, J.S.R. 1976. Processing effects on oil quality. Journal of the American Oil Chemists' Society. 53, 299–301.

Oo, K., Lee, K.B.and Ong, A.S.H. 1986. Changes in fatty acid composition of the lipid classes in developing oil palm mesocarp. Phytochemistry. 25, 405–407.

Sambanthamurthi, R., Sundram, K. and Tan, Y-A. 2000. Chemistry and biochemistry of palm oil. Progress in Lipid Research. 39, 507–558.

Suryanto, H. and Bardaie, M.Z. 1994. Effective treatment to hasten oil palm fruitlets abscission using ethephon. Agricultural Mechanization in Asia. 25, 40 – 44.

Tagoe, S.M.A., Dickinson, M.J. and Apetorgbor, M.M. 2012. Factors influencing quality of palm oil produced at the cottage industry in Ghana. International Food Research Journal. 19, 271–278.

Tranbarger, T.J., Dussert, S., Joët, T., Argout, X., Summo, M., Champion, A., Cros, D., Omore, A., Nouy, B. and Morcillo, F. 2011. Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening, and functional specialization in lipid and carotenoid metabolism. Plant Physiology. 156, 564–584.

# ผลการวิจัยส่วนที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์

## วิธีการ

### การทดลองที่ 4 ผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ของผลปาล์มน้ำมันหลังเก็บเกี่ยว

การทดลองดำเนินการกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจากต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราอายุ 11 ปี ที่สวนเกษตรกร อ.สะเดา จ.สงขลา โดยคัดทะลายปาล์มน้ำมันที่เก็บเกี่ยวในระยะผลปาล์มน้ำมันเริ่มเปลี่ยนสีจากสีม่วงดำเป็นสีแดง มีการหลุดร่วงของผล 1 – 10 ผลต่อทะลาย วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ทะลาย (20 กิโลกรัม) มี 4 วิธีการ ดังนี้คือ ชุดควบคุม เอทิลีน 1,000 มิลลิลิตร/ลิตร ($mlL^{-1}$) รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 นาโนลิตร/ลิตร ($nlL^{-1}$) และรมสาร 1-MCP และเอทิลีน

การรมสารเอทิลีนปฏิบัติโดยนำทะลายปาล์มน้ำมันใส่ในตู้สี่เหลี่ยมขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร โดยดัดแปลงจากการใช้ท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว การคำนวณปริมาตรตู้รมสารแล้วนำมาคำนวณปริมาณเอทิลีนที่ใช้รมในแต่ละความเข้มข้น ก๊าซเอทิลีนได้จากเอทิลีน (RRIMFLOW, มาเลเซีย) ความเข้มข้น 99.9 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ยางไส้ไก่มัดปลายสวมไว้ที่ท่อฉีดแก๊สของกระป๋องจากนั้นใช้เข็มฉีดยาดูดก๊าซเอทิลีนออกจากกระป๋องฉีดเข้าตู้รมสารที่มีทะลายปาล์มน้ำมันและใช้เทปปิดตู้ให้สนิทตามรอยต่อของมุมตู้รมเอทิลีนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การรมสาร 1-MCP (EthylBloc®, U.S.A ) สารออกฤทธิ์ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ปฏิบัติด้วยการรมตู้เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยชั่งสาร 1-MCP ตามความเข้มข้นที่คำนวณแล้วในแต่ละวิธีการใส่ขวดแก้วขนาด 3 ออนซ์ และเติมน้ำกลั่นตามอัตราส่วน สาร1-MCP : น้ำกลั่น เท่ากับ 1: 16 เพื่อเป็นตัวทำละลายสาร 1-MCP ปิดห้องรมสารทันทีรมเป็นเวลา 18 ชั่วโมง

เก็บตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันของแต่ละวิธีการโดยเก็บจาก 3 ส่วนของทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ส่วนโคน กลาง ปลาย ส่วนละ 9 ผล เก็บเป็นเวลา 5 วันหลังจากเก็บเกี่ยว เพื่อนำมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (lipase) โดยวิธีของ Ebongue และคณะ (2006) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การเตรียมตัวอย่างปาล์มน้ำมัน

นำผลปาล์มน้ำมันที่เก็บตัวอย่างในแต่ละวิธีการ มาทำความสะอาดด้วย โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (sodium hypochlorite) 0.5% โดยแช่ไว้ 30 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น เก็บตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส (ระวังไม่ให้อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส) สำหรับการเก็บรักษาเป็นเวลานานให้แช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวทันทีและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส

2) การแยกส่วนน้ำมัน (fractionation) ของเนื้อปาล์มน้ำมัน

ปอกส่วนเปลือก (exocarp) ของผลปาล์มน้ำมันออกด้วยใบมีดโกน หั่นส่วนกลางของผลออกเป็นชิ้นบางๆน้ำหนัก 2 กรัม และใส่ลงในสารละลาย BisTris (pH7) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นบดโดยใช้เครื่อง

homogenizor ปั่นเนื้อของตัวอย่าง 3 ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที (ด้วยความเร็วรอบต่ำ) เมื่อตัวอย่างละเอียดดีแล้วเติม protease inhibitors, cystein และ calcium chloride ลง นำตัวอย่างที่ปั่นละเอียดแล้วไปเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 16,000x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากเซนตริฟิวส์จะได้สารแยกเป็น 3 ส่วนคือ ชั้นไขมัน (ชั้นบนสุด) ชั้นสารละลายใส (ชั้นกลาง) และชั้นตะกอน (ชั้นล่างสุด) ใช้ช้อนตักสารนำส่วนชั้นไขมันที่ลอยอยู่ถ่ายใส่หลอดที่มีสารละลายสกัด (extraction buffer) 20 มิลลิลิตร อย่างระมัดระวัง จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วย vortex และนำไปเซนตริฟิวส์อีกครั้งที่ความเร็วรอบ 16,000x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และนำส่วนของชั้นไขมันมาล้างอีกครั้งเช่นเดียวกับขั้นตอนดังกล่าว

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่อยู่ในตัวอย่างปั่นละเอียด โดยวิเคราะห์จากทั้ง 3 ส่วนที่ได้จากการเซนตริฟิวส์

3) การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส

เทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์คือการไทเทรตกรดไขมันด้วยสารละลาย NaOH 0.01 M ปริมาตรที่ใช้ในปฏิกิริยาคือ 30 มิลลิลิตร การเขย่าเพื่อให้สารทำปฏิกิริยาค่อนข้างแรงควรระวังไม่ให้เกิดฟอง ตัวซับสเตรทคือ either tributyrin 250 ไมโครลิตร และ trioctanoin 500 ไมโครลิตร และตัวอย่างน้ำมันปาล์ม 1 มิลลิลิตร วึ่งตัวอย่างน้ำมันปาล์มถูกทำให้แขวนลอย (emulsion) ทันทีด้วยสาร gum arabic (GA) 1% w/v ก่อนใช้ไทเทรต (ทำให้น้ำมันมีความคงตัวได้นาน 1 ชั่วโมง) ส่วนผสมของปฏิกิริยาประกอบด้วย Tris-HCl 2 mM การวัดกิจกรรมของไลเปสโดย 1 หน่วย (U) ของไลเปส คือจำนวนของไมโครโมล (µmol) ของการแตกตัวของกรดไขมันต่อนาที กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่แสดงออกมีเป็นหน่วยเป็นหน่วยของเอนไซม์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน (U mg protein$^{-1}$) การหยุดปฏิกิริยาไลเปสโดยใช้สารละลาย THL ใน hexane ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4) การสกัดโปรตีนโดยใช้วิธีของ Meyer และคณะ (1988) และวัดปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธีการของ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นมาตรฐาน

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองโดยวิธี least significant difference (LSD)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในทะลายปาล์มน้ำมัน พบว่า มีความแตกต่างกันเฉพาะวันที่ 2 และ 4 หลังการเก็บเกี่ยว โดยในวันที่ 2 ภายหลังการให้ทรีทเมนต์ พบว่า เอทิลีนมีผลทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นสูงสุด ส่วนทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP และเอทิลีนมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในขณะที่ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP เพียงอย่างเดียวมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสต่ำสุด ภายหลังการให้ทรีทเมนต์ในวันที่ 4 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของผลการทดลอง (ผลปาล์มน้ำมันในชุดควบคุมเสื่อมสภาพในเกณฑ์หมดอายุ) กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสมีความแตกต่างกัน โดยพบว่า ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับเอทิลีนยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุดและไม่แตกต่างจากทะลายปาล์มของชุดควบคุม ในขณะที่ไม่ปรากฏกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้รับ 1-MCP ทั้งได้รับเอทิลีนและไม่ได้รับเอทิลีน (Figure 1)

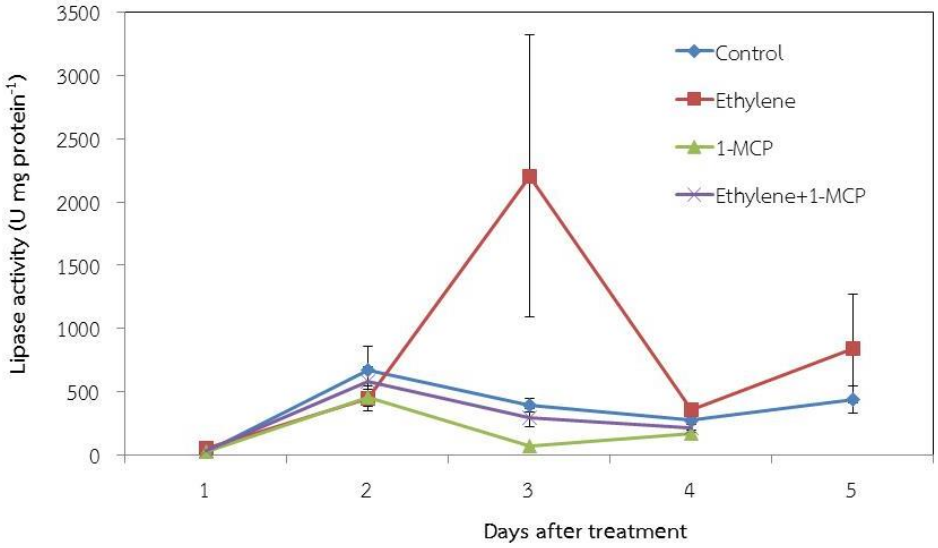


**Figure 1** Lipase activity of oil-palm fruit after treatments with ethylene and 1-MCP

จากการสุกของผลปาล์มน้ำมันใช้เกณฑ์การเปลี่ยนสีผลจากดำเป็นส้มแดง โดยการสุกเริ่มจากส่วนปลายทะลายไปยังส่วนโคนทะลาย (Sambanthamurthi et al., 2000) การให้เอทิลีนมีผลทำให้ปาล์มน้ำมันเกิดการเปลี่ยนสีหรือสุกเร็วขึ้น (ธีระพงศ์ และคณะ, 2539) การเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นของกรดไขมันอิสระเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหืนและส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์ม และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระหรือ free fatty acid (FFA) ถูกใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของน้ำมันปาล์ม (Ohlson, 1976) โดยเอนไซม์ไลเปสเป็นเอนไซม์ triacylglycerol acylhydrolase ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดแรกที่พบในการสลาย triacylglycerols (Sambanthamurthi et al., 2000) ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่า เอทิลีนมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อแยกวิเคราะห์ผลตามส่วนของทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ส่วนโคน กลาง ปลาย พบว่า ส่วนโคนทะลายมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุด ถัดมาคือส่วนปลายทะลาย และต่ำสุดคือส่วนกลางทะลาย ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสทั้งทะลาย พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในส่วนโคนทะลายมีความสอดคล้องมากที่สุด อย่างไรก็ตาม กิจกรรมของเอนไซม์ที่พบว่ามีปริมาณรองลงมาคืออยู่ใน

ส่วนปลายทะลายและต่ำสุดคือส่วนกลางทะลาย ซึ่งไม่สอดคล้องกับลำดับการสุกของผลปาล์มน้ำมันในทะลายที่เริ่มจากส่วนปลาย กลาย และโคนทะลาย (ไม่แสดงข้อมูล) ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสภายหลังการให้ทรีทเมนต์กับทะลายปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยวนี้อาจยังไม่ชัดเจน เพราะผลไม่สอดคล้องกับกรดไขมันอิสระที่พบว่ามีต่ำกว่าในชุดควบคุม (นฤมล และลดาวัลย์, 2555) แต่อย่างไรก็ตาม รายงานที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ไลเปสในปาล์มน้ำมันยังเป็นข้อขัดแย้งกันหลายรายงาน โดยกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากผลปาล์มน้ำมันสุกถูกทำลายด้วยเชื้อโรค แต่ Hartley (1988) รายงานว่า กรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในเนื้อผลปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตามต่อมาพบว่า กรดไขมันอิสระจะมีเพิ่มมากขึ้นในผลปาล์มน้ำมันสุกที่ถูกเชื้อโรคเข้าทำลาย (Sambanthamurthi et al., 2000) ทั้งนี้อาจเนื่องจากเอนไซม์ไลเปสอาจไม่ได้เกิดจากยีนที่สังเคราะห์เอนไซม์ไลเปสเพียงอย่างเดียว แต่ยังอาจเกี่ยวข้องกับการชักนำของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสุก (Sambanthamurthi et al., 2000) ซึ่งเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการสุกของผลไม้ประเภท climacteric หลายชนิดรวมทั้งปาล์มน้ำมันด้วย (Tranbarger et al., 2011)

นอกจากนี้ การใช้สาร 1-MCP มีผลชะลอการเปลี่ยนสีผลหรือทำให้ปาล์มน้ำมันผลสุกช้าลง ลดการหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมันจากทะลาย และทำให้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระน้อยกว่าชุดควบคุม (นฤมล และลดาวัลย์, 2555; Nualwijit et al., 2013) จากผลการทดลองพบว่า การให้สาร 1-MCP ทั้งมีและไม่มีเอทิลีน ทำให้มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำตลอดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ที่ได้รายงานถึง 1-MCP ทำให้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระน้อยกว่าชุดควบคุม (Nualwijit et al., 2013) การให้ผลตรงข้ามกับเอทิลีนเนื่องจาก 1-MCP มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ที่ทำให้ผลปาล์มน้ำมันสุกช้าลง

# เอกสารอ้างอิง


ธีระพงศ์ จันทร์นิยม, ประกิจ ทองคำ, อรวรรณ จันทนฤกษ์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2539. การใช้ Calcium carbide และ Ethephon เพื่อเร่งการร่วงของผลปาล์ม. ว.สงขลานครินทร์ 18: 293 – 299.

นฤมล นวลวิจิตร และ ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์. 2555. ผลของเอทิลีนและเมทิลไซโคลโพรพีนต่อการสุกและคุณภาพของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3): 452-455.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Ebongue, G. F. N., Dhouib, R., Carrière, F., Zollo, P. –H. A. and Arondel, V. 2006. Assaying lipase activity from oil palm fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp. Plant Physiology and Biochemistry 44: 611-617.

Hartley, C.W.S. 1988. The oil palm. 3rd ed. London: Longman.

Meyer, Y., Chartier, Y., Cleyet-Marel, J.C., Grosset J. 1988. Preparatoin by two dimensional electrophoresis of proteins for antibody production : antibodies against proteins whose synthesis is reduced by auxin in tobacco mesophyll protoplasts. Electrophoresis 9: 704-712.

Nualwijit, N., Lerslerwong, L., Imsabai, W. 2013. Ripening delay and reduction of free fatty acids of oil palm fruit in response to 1-methylcyclopropene. Acta Horticulturae 1011: 343-349.

Ohlson, J.S.R. 1976. Processing effects on oil quality. Journal of American Oil Chemist' Society 53: 299-301.

Sambanthamurthi, R., Sundram, K. and Tan, Y. A. 2000. Chemistry and biochemistry of palm oil. Progress in lipid research 39: 507-558.

Tranbarger, T. J., Dussert, S., Joët, T., Argout, X., Summo, M., Champion, A., Cros, D., Omore, A., Nouy, B. and Morcillo, F. 2011. Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening, and functional specialization in lipid and carotenoid metabolism. Plant physiology 156: 564-584.

## ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ควรศึกษาต่อในประเด็นผลของทรีทเมนต์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับชีวโมเลกุลที่เกี่ยวกับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกและการหลุดร่วง เช่น ยีนในวิถีการสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีน ABA การแสดงออกของยีนที่สังเคราะห์เอนไซม์ไลเปส เป็นต้น
2. ควรมีการใช้ข้อมูลจากการทดลองนี้ไปบริหารจัดการในสภาพจริงในสวนปาล์ม ลานรับซื้อปาล์ม หรือโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม