ผลของบรรยากาศดัดแปลงและบรรจุภัณฑ์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค (มังคุดคัด)

Effect of modified atmosphere and packaging on extending the shelflife of fresh-cut unripe mangosteen (Mangkhuut-cut)

หลิน กิจพิพิธ[1] ไพรัตน์ โสภโณดร[1,2] ศุภชัย ภิสัชเพ็ญ[2,3] และอัญชลี ศิริโชติ[1,2]
Kitpipit, H.[1], Sophanodora, P.[1,2], Pisuchpen, S.[2,3] and Sirichote, A.[1,2]

Abstract

Modified atmosphere packaging systems were developed using 3 different gas conditions: (15%O_2, 10%CO_2 and 75%N_2), (15%O_2, 15%CO_2 and 70%N_2) and air as control, and 2 types of packaging materials: polypropylene and nylon/LLDPE bags. Pretreatment of fresh–cut unripe mangosteen with citric acid plus calcium chloride (0.50 + 0.25%w/v) for 30 min was used to prepare sample. Among gas modification system, using low concentration of CO_2 resulted in higher *L* and lower *a* value than those used high concentration of CO_2 for both packaging materials. However firmness did not show any significantly difference in all treatments. Changes in chemical qualities were slightly observed during storage except the ascorbic acid content which clearly decreased after 15 days of storage. The sample packed in nylon/LLDPE bag under 15%O_2, 10%CO_2 and 75%N_2 showed the superior qualities than other treatments. In terms of microbiological quality, it was found that there was no presence of *Salmonella* sp. and *Escherichia coli* but yeast was increased over the acceptable level for ready to eat food (Department of Medical Science, 1993) after 9 days of storage at 10°C.

Key words: fresh-cut mangosteen, modified atmosphere packaging, shelflife

บทคัดย่อ

การดัดแปลงสภาพบรรยากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัด(ผ่านการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.50 และ 0.25 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบ 3 สภาวะ (ออกซิเจนร้อยละ 15, คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ10 และไนโตรเจนร้อยละ 75), (ออกซิเจนร้อยละ 15, คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 และไนโตรเจนร้อยละ 70) และบรรยากาศปกติ ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอี ที่อุณหภูมิ 10°ซ เป็นเวลา 15 วัน พบว่าสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่าจะมีค่าความสว่าง(*L*) สูงกว่าแต่ค่าสีแดง(*a*) ต่ำกว่าการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด แต่ไม่ส่งผลต่อความแน่นเนื้อของมังคุดคัด สำหรับคุณภาพทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นกรดแอสคอร์บิกที่มีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน มังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยออกซิเจนร้อยละ 15, คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 และไนโตรเจนร้อยละ 75 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีให้ผลดีที่สุด จากการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ ไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาและเอสเชอริเชียโคไล อาจกล่าวได้ว่ามังคุดคัดที่บรรจุและเก็บรักษาภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 9 วัน เนื่องจากพบปริมาณยีสต์เกินมาตรฐานทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภคของกรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) หลังจากเวลาดังกล่าว

คำหลัก: มังคุดสดตัดแต่ง, การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ, อายุการเก็บรักษา

บทนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมสูงในการบริโภค เนื่องจากเนื้อภายในมีลักษณะนุ่มรสหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอมชวนรับประทานจนได้รับการขนานนามว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้ (Queen of

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[1] Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Songkhla 90112
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Prince of Songkla University
[3] ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[3] Department of Material Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

fruit) นอกจากใช้บริโภคในรูปผลสดแล้วยังมีการแปรรูปมังคุดในหลายรูปแบบ เช่น มังคุดแช่เยือกแข็ง มังคุดอบแห้ง มังคุดบรรจุกระป๋อง และมังคุดกวน (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2541) เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคในการบริโภคผลไม้สดหรือผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตผลสด ดังนั้นจึงทำให้ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวิถีชีวิตของคนยุคปัจจุบัน

จากวิถีของคนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมังคุดที่สำคัญในภาคใต้ ได้มีการแปรรูปขั้นต่ำผลมังคุดที่แก่จัดแต่ยังไม่สุกให้เป็นผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยการตัดเปลือกส่วนหัวและส่วนท้าย หลังจากนั้นแกะเอาเปลือกออกแล้วแช่ในสารละลายผสมระหว่างสารส้มหรือมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่าโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 1 และน้ำเกลือร้อยละ 1 ภายหลังการแช่ประมาณครึ่งชั่วโมงเนื้อมังคุดจะได้รับการทำความสะอาดและรับประทานในลักษณะหวานกรอบ ซึ่งมีจำหน่ายเฉพาะในท้องถิ่นเรียกว่า “มังคุดคัด” แต่อย่างไรก็ตามมังคุดคัดที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวข้างต้นจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) อีกทั้งยังไวต่อการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียคุณภาพ เนื่องจากเนื้อมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีเนื้อสัมผัสนิ่มลงหลังจากผ่านกระบวนการตัดแต่งเพียง 5 – 6 ชั่วโมงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงเห็นว่ามังคุดคัดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจและควรให้การสนับสนุนเป็นอย่างยิ่ง แต่ยังประสบปัญหาในเรื่องกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา ซึ่งยังไม่มีรูปแบบของกระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมและการยืดอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสม

การดัดแปลงบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค จากการศึกษาของ Robert และคณะ (2001) พบว่า การเก็บรักษาชิ้นแอปเปิลตัดแต่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 1 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 2 นาที ภายใต้สภาวะที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 2.5 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 7 ในถุงพีวีซีสามารถเก็บรักษาได้นาน 2 – 3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 °ซ นอกจากนี้ Martinez – Ferrer และคณะ (2002) ได้ทำการเก็บรักษาชิ้นสับปะรด และมะม่วงที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 1 นาที และแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.2 โมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที ภายใต้สภาวะที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 4 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพีวีซีสามารถเก็บรักษาได้นาน 25 วันที่อุณหภูมิ 5 °ซ การเก็บรักษามังคุดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค (มังคุดคัด) ที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมอีรี-ทรอเบทร้อยละ 2 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 เป็นเวลา 30 นาที แล้วบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนภายใต้สภาวะที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 5 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 9 สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วันที่อุณหภูมิ 4 °ซ (Manurakchinakorn *et al*., 2004)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใช้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันเพื่อเป็นทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัด

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมและการบรรจุมังคุดคัด

นำผลมังคุดสดมาตัดเปลือกส่วนหัวและท้ายออก หลังจากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด ตั้งให้สะเด็ดน้ำ และนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ เป็นเวลา 15-20 ชั่วโมง ก่อนนำไปทำการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงนำมาบรรจุบนถาดโฟมโพลีสไตรีนที่มีแผ่นรองซับน้ำ ขนาดบรรจุ 200 กรัม/ถาด ภายใต้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ ได้แก่ (1) แก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 และแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 75 (2) แก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 และแก๊ส ไนโตรเจนร้อยละ 70 (3) บรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม) และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ ทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 วันจนถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

2. การประเมินคุณภาพของเนื้อมังคุดคัด

2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (*L* และ *a*) ระบบ CIE โดยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunterlab รุ่น Colorflex ประเทศสหรัฐอเมริกา และค่าความแน่นเนื้อโดยวัดความต้านทานแรงกด (Compression) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA – xt2i ประเทศอังกฤษ

2.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่างด้วย pH meter ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี A.O.A.C. (2000) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand Refractometer

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์และรา *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. โดยวิธี BAM (USFDA, 1984)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของการใช้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ และบรรจุภัณฑ์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัด

1.1 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี

การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ส่งผลให้ค่า *L* ของเนื้อมังคุดคัดต่ำกว่าและค่า *a* สูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ตามลำดับตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด เนื่องจากความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ที่มากเกินไป อาจส่งผลให้เกิด CO_2 injury เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ succinic dehydrogenase ทำให้เกิดการสะสมของกรด succinic เพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช (Jayas and Jeyamkondan, 2002) แต่บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า *L* และ *a* ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (Figure 1)

ค่าความแน่นเนื้อ

การใช้สภาวะบรรยากาศหรือบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (Figure 2) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อของมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติมีแนวโน้มลดลงมากกว่าชุดการทดลองอื่นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเนื่องมาจากการดัดแปลงบรรยากาศที่ลดความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนและเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้ได้ จึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมังคุดคัดอ่อนนิ่มช้าลง (Kader, 1986)

1.2 คุณภาพทางเคมี

การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 9 และวันที่ 12 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีตามลำดับ ($P<0.05$) ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) (Table 1) เนื่องจากในกระบวนการหายใจของพืชและการเจริญของจุลินทรีย์มีการใช้น้ำตาลและกรดอินทรีย์เป็นสารตั้งต้น รวมทั้งต้องการออกซิเจนในกระบวนการดังกล่าว ดังนั้นหากเก็บรักษาผลไม้ในสภาวะที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำกว่าบรรยากาศปกติ จะทำให้อัตราการหายใจของพืชและการเจริญของจุลินทรีย์ลดลง ส่งผลให้ผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง

สำหรับปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 และวันที่ 6 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีตามลำดับ ($P<0.05$) เนื่องจากแก๊สออกซิเจนสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิกเกิดเป็น dehydroascorbic acid และ 2,3-diketogulonic acid ตามลำดับ (Burton, 1982) ดังนั้นการลดความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติจึงช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้

1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ประเทศไทยมีมาตรฐานทางจุลชีววิทยาสำหรับอาหารพร้อมบริโภค ซึ่งรวมถึงผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค (2536) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณยีสต์น้อยกว่า 4.00 log cfu/g ปริมาณเชื้อราน้อยกว่า 2.70 log cfu/g และ *E. coli* น้อยกว่า 1.00 log cfu/g นอกจากนี้ต้องไม่พบ *Salmonella* sp.

การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติพบปริมาณยีสต์สูงกว่าชุดการทดลองอื่นระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) (Table 2) เพราะกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์อาจเกิดได้น้อยลงในสภาวะที่มีแก๊ส

ออกซิเจนต่ำ นอกจากนี้ภายใต้สภาวะที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าบรรยากาศปกติมีผลทำให้ lag phase ของจุลินทรีย์ขยายนานขึ้น เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นอาจมีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ จากการหายใจของผลิตผลและการเจริญของยีสต์ สามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกเมื่อละลายในน้ำ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลไม้ลดลง ดังนั้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของยีสต์มีปริมาณต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (Faber, 1991) แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณยีสต์ในเนื้อมังคุดคัด ($P>0.05$) ส่วนปริมาณเชื้อราในมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีปริมาณไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภคจาก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp. และ *E. coli* ในเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ในทุกชุดการทดลอง

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสองระดับความเข้มข้นในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีสามารถยืดอายุมังคุดคัดได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น แต่พบปริมาณยีสต์เกินมาตรฐานหลังวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงอาจกล่าวได้ว่า สามารถเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดังกล่าวได้ 9 วัน

สรุป

มังคุดคัดที่ผ่าน การตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.25 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที และบรรจุภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 และแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 75 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีที่อุณหภูมิ 10oซ สามารถเก็บรักษามังคุดคัดได้นาน 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536. เอกสารแนบท้ายประกาศ: เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร สำหรับอาหารพร้อมบริโภค.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีระวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 396 หน้า.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2541. มังคุด. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. 62 หน้า.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemist, Inc. Washington D.C.

Burton, W.G. 1982. Postharvest change and the loss of nutritive value and ripening and senescence of fruit. *In* Post-harvest Physiology of Food Crops. New York. Longmans, pp. 127-146, 181-198.

Faber, J.M. 1991. Microbiological aspect of modified atmosphere packaging technology-a review. J. Food Prot. 54: 58-70.

Jayas, D.S. and Jeyamkondan, S. 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. 82: 235-251.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruit and vegetables. Food Technol. 40: 99-104.

Manurakchinakorn, S., Nuymark, P., Phoopouk, P., Poohern, P. and Chamnan, U. 2004. Browning inhibition and firmness retention in fresh-cut mangosteens (*Garcinia mangostana* L.). Proc. The Fifth International Postharvest Symposium. Verona, Italy 6-11 June.

Martinez-ferrer, M., Harper, C., Perez-Munoz. and Chaparro, M. 2002. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. J. Food Sci. 67: 3365-3371.

Robert, C.S., Nuria, G.M., Isabel, O.S., Shela, G. and Olga, M.B. 2001. Browning evaluation of Ready-to-eat apples as affected by modified atmospheere packaging. J. Agric. Food Chem. 49: 3685-3690.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach., 2nd ed. P. 862. McGraw - Hill, New York.

USFDA. 1984. Bacteriological Analytical Mannual . 6th ed. U.S. Food and Drug Administration, Center of food safety and applied nutrition.

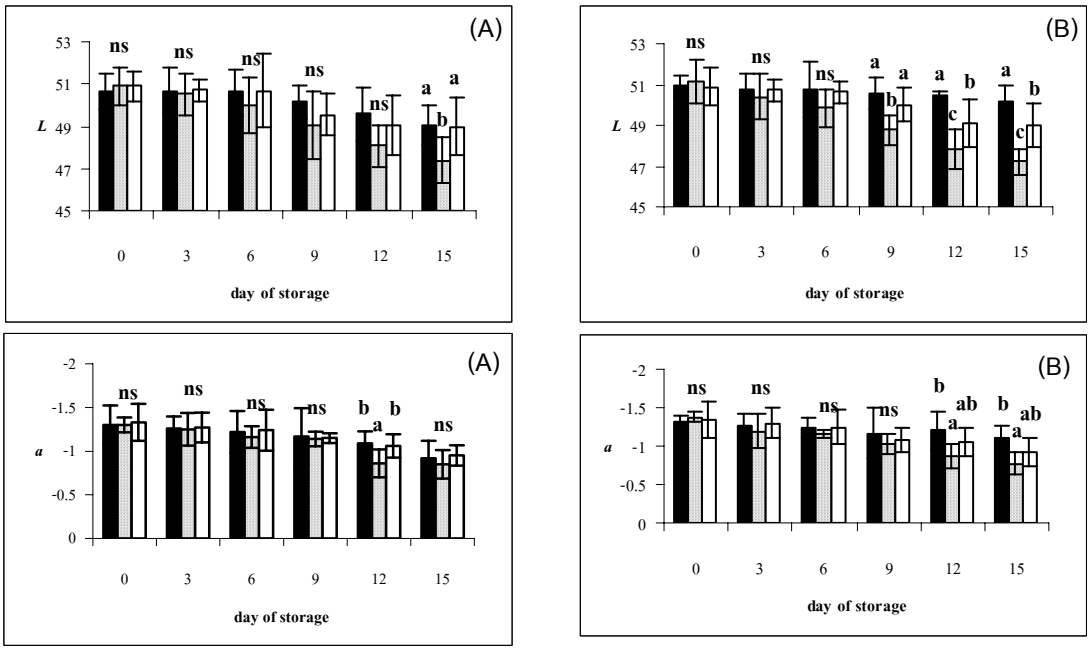

Figure 1. *L* and a values of fresh - cut unripe mangosteen under different modified atmosphere during storage at 10°C

■ = 15%O_2 + 10%CO_2 + 75%N_2,

▩ = 15%O_2 + 15%CO_2 + 70%N_2,

□ = air and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag

Bars represent S.D. (*n = 6*)

a,b... in the same days are significantly different (P<0.05)

ns in the same days means not significantly different (P>0.05)

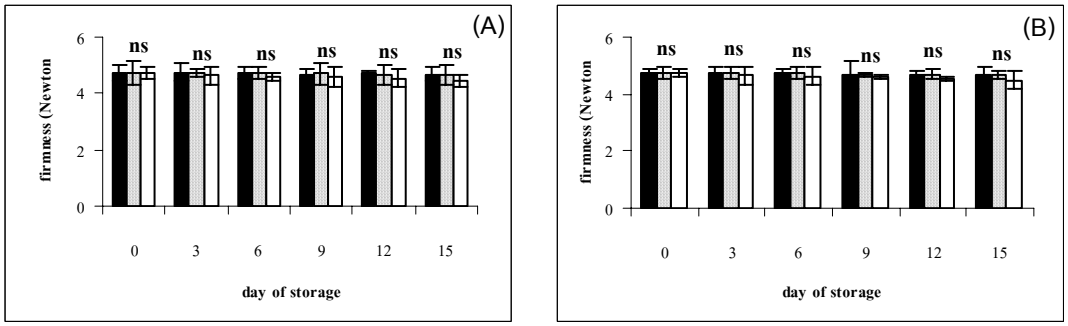

Figure 2. Firmness values of fresh - cut unripe mangosteen under different modified atmosphere during storage at 10°C

■ = 15%O_2 + 10%CO_2 + 75%N_2,

▩ = 15%O_2 + 15%CO_2 + 70%N_2,

□ = air and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag

Bars represent S.D. (*n = 6*)

ns in the same days means not significantly different (P>0.05)

Table 1 Chemical composition of fresh-cut unripe mangosteen storage under different modified atmosphere packaging at 10°C

		Storage time (day)					
		0	3	6	9	12	15
Total soluble solid (°Brix)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	12.63 ^{aD}	13.13 ^{aCD}	13.63 ^{aBC}	13.93 ^{bAB}	14.03 ^{bAB}	14.20 ^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	12.62 ^{aD}	13.03 ^{aCD}	13.38 ^{aBC}	13.87 ^{bAB}	13.97 ^{bAB}	14.20 ^{bA}
	Air	12.65 ^{aD}	13.37 ^{aC}	14.25 ^{aB}	14.48 ^{aB}	14.67 ^{aAB}	15.07 ^{aA}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	12.62 ^{aC}	13.12 ^{aBC}	13.53 ^{aAB}	13.83 ^{bA}	13.90 ^{bA}	14.13 bA
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	12.53 ^{aC}	13.02 ^{aBC}	13.37 ^{aAB}	13.67 ^{abAB}	13.73 ^{bAB}	13.97 ^{bA}
	Air	12.63 ^{aC}	13.33 ^{aB}	14.18 ^{aA}	14.37 ^{aA}	14.50 ^{aA}	14.80 ^{aA}
Total sugar (% w/w)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	10.45 ^{aC}	13.81 ^{bA}	10.59 ^{bB}	10.06 ^{bD}	8.26 ^{bE}	7.59 ^{bF}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	10.45 ^{aD}	13.92 ^{aA}	11.84 ^{aB}	10.56 ^{aC}	10.12 ^{aE}	9.42 ^{aF}
	Air	10.45 ^{aB}	13.65 ^{cA}	10.11 ^{cC}	7.80 ^{cD}	7.00 ^{cE}	6.90 ^{cF}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	10.45 ^{aD}	13.89 ^{bA}	10.84 ^{bB}	10.51 ^{bC}	10.14 ^{bE}	9.93 ^{bF}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	10.45 ^{aD}	13.91 ^{aA}	11.89 ^{aB}	10.84 ^{aC}	10.26 ^{aE}	10.04 ^{aF}
	Air	10.45 ^{aB}	13.70 ^{cA}	10.16 ^{cC}	9.85 ^{cD}	8.94 ^{cE}	7.20 ^{cF}
Reducing sugar (% w/w)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	0.82 ^{aC}	1.64 ^{aA}	1.40 ^{aB}	1.42 ^{aB}	1.38 ^{aB}	1.32 ^{aB}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	0.82 ^{aC}	1.64 ^{aA}	1.45 ^{aB}	1.44 ^{aB}	1.40 ^{aB}	1.35 ^{aB}
	Air	0.82 ^{aC}	1.22 ^{bA}	1.11 ^{bAB}	1.09 ^{bAB}	1.05 ^{bB}	1.01 ^{bB}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	0.82 ^{aC}	1.62 ^{aA}	1.42 ^{aB}	1.42 ^{aB}	1.40 ^{aB}	1.36 ^{aB}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	0.82 ^{aC}	1.64 ^{aA}	1.49 ^{aB}	1.48 ^{aB}	1.45 ^{aB}	1.42 ^{aB}
	Air	0.82 ^{aC}	1.24 ^{bA}	1.11 ^{bAB}	1.09 ^{bAB}	1.07 ^{bB}	1.03 ^{bBC}
pH value							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	3.31 ^{aA}	3.28 ^{aAB}	3.25 ^{aBC}	3.22 ^{bC}	2.82 ^{aD}	2.85 ^{aD}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	3.31 ^{aA}	3.28 ^{aAB}	3.26 ^{aAB}	3.25 ^{aB}	2.87 ^{aC}	2.84 ^{aC}
	Air	3.31 ^{aA}	3.25 ^{bB}	3.21 ^{bBC}	3.17 ^{cC}	2.72 ^{bD}	2.64 ^{bE}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	3.30 ^{aA}	3.28 ^{abA}	3.25 ^{aA}	3.25 ^{aA}	2.88 ^{aB}	2.86 ^{aB}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	3.30 ^{aA}	3.28 ^{aA}	3.26 ^{aA}	3.25 ^{aA}	2.91 ^{aB}	2.86 ^{aB}
	Air	3.31 ^{aA}	3.26 ^{bAB}	3.21 ^{bBC}	3.17 ^{bC}	2.79 ^{aD}	2.62 ^{bE}
Titratable acidity (%w/w)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	0.67 ^{aA}	0.64 ^{bE}	0.62 ^{aC}	0.58 ^{aB}	0.60 ^{bD}	0.57 ^{aE}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	0.64 ^{bA}	0.63 ^{aC}	0.62 ^{aBC}	0.61 ^{abB}	0.62 ^{aBC}	0.58 ^{aD}
	Air	0.67 ^{aA}	0.62 ^{cE}	0.58 ^{bC}	0.53 ^{bB}	0.55 ^{cD}	0.52 ^{bE}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	0.64 ^{aA}	0.64 ^{bC}	0.59 ^{bC}	0.58 ^{aA}	0.62 ^{aB}	0.58 ^{aC}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	0.64 ^{aA}	0.63 ^{aBC}	0.62 ^{aBC}	0.62 ^{aAB}	0.61 ^{aC}	0.58 ^{aD}
	Air	0.64 ^{aA}	0.60 ^{cE}	0.55 ^{cC}	0.51 ^{bB}	0.55 ^{bC}	0.53 ^{bD}
Ascorbic acid (mg. %)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	5.60 ^{aA}	5.20 ^{aB}	4.90 ^{aC}	4.60 ^{aD}	3.60 ^{aE}	2.80 ^{aF}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	5.60 ^{aA}	5.20 ^{aB}	4.80 ^{aC}	4.60 ^{aC}	3.60 ^{aD}	2.80 ^{aE}
	Air	5.50 ^{aA}	5.00 ^{bB}	4.80 ^{aC}	4.10 ^{bD}	2.20 ^{bE}	1.20 ^{bF}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	5.60 ^{aA}	5.20 ^{aB}	5.10 ^{aC}	4.80 ^{aD}	3.90 ^{aE}	3.00 ^{bF}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	5.60 ^{aA}	5.20 ^{aB}	5.10 ^{aC}	4.80 ^{aD}	3.90 ^{aE}	3.00 ^{bF}
	Air	5.60 ^{aA}	5.10 ^{aB}	4.80 ^{bC}	4.20 ^{bD}	2.30 ^{bE}	1.20 ^{cF}

a,b... with the same subscripts in the same day and packaging are not significantly different among treatment ($P<0.05$)

A,B... with the same subscripts in the different days are not significantly different among storage time ($P>0.05$)

Table 2 Microbiological quality of fresh-cut unripe mangosteen storage under different modified atmosphere packaging at 10°C

		Storage time (day)					
		0	3	6	9	12	15
Yeast (log cfu/g)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	<2.30 ^{aA}	2.30 ^{bC}	3.48 ^{bC}	4.08 ^{bC}	4.50 ^{bB}	5.34 ^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{bD}	3.35 ^{bD}	4.04 ^{bC}	4.08 ^{cB}	5.32 ^{bA}
	Air	<2.30 ^{aA}	3.52 ^{aD}	4.57 ^{aD}	5.46 ^{aC}	5.75 ^{aB}	6.72 ^{aA}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	<2.30 ^{aA}	2.34 ^{bD}	3.44 ^{bD}	3.78 ^{bC}	4.24 ^{bB}	5.21 ^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{bC}	3.30 ^{bC}	3.78 ^{bC}	4.20 ^{bB}	5.15 ^{bA}
	Air	<2.30 ^{aA}	3.40 ^{aC}	4.58 ^{aC}	5.08 ^{aC}	5.62 ^{aB}	6.63 ^{aA}
Mould (log cfu/g)							
PP	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND
	Air	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+ 75%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND
	15%O_2+15%CO_2+ 70%N_2	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND
	Air	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	<2.30 ^{aA}	ND	ND	ND

* ND mean not detectable

a,b... with the same subscripts in the same day and packaging are not significantly different among treatment ($P<0.05$)

A,B... with the same subscripts in the different days are not significantly different among storage time ($P>0.05$)