บทที่ 3
ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและอัตราการหายใจของเนื้อมังคุดคัด

1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดคัด

ผลมังคุดสดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดคัดที่ผ่านการตัดแต่งและแช่เป็นเวลา 30 นาที ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 (w/v) ซึ่งเป็นชุดควบคุม (1) เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 ซึ่งเป็นสารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดซิตริกร้อยละ 0.50 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) (2) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 6) โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 12.60 และ 12.65°บริกซ์ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาลร้อยละ 10.82 และ 10.45 โดยมีน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบร้อยละ 0.82 และ 0.82 โดยน้ำหนักตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกมีค่าร้อยละ 0.63 และ 0.67 โดยน้ำหนัก ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีค่า 5.62 และ 5.50 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด และค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3.15 และ 3.31 ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวข้างต้นมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Roadjan และ Dithkaew (1997) ที่ใช้ผลมังคุดสดที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 มาผ่านการตัดแต่งในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 (w/v) แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองครั้งนี้ ซึ่งมีการรายงานไว้ คือ 1.98 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของแหล่งวัตถุดิบ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปริมาณกรดแอสคอร์บิกในการทดลองครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Manurakchinakorn และคณะ (2004b) ที่ใช้ผลมังคุดสดที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 มาผ่านการตัดแต่งในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมอีรีทรอเบทร้อยละ 2 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.20 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งมีการรายงานไว้คือ 6.75 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดคัด

Chemical composition of fresh-cut unripe mangosteen

Composition	Treatment	
	(1)	(2)
pH	3.15 ± 0.12	3.31 ± 0.02
Total soluble solid (^{o}Brix)	12.60 ± 0.22	12.65 ± 0.48
Titratable acidity content (%w/w)	0.63 ± 0.04	0.67 ± 0.01
Ascorbic acid content (mg. %)	5.62 ± 0.05	5.50 ± 0.14
Reducing sugar (%w/w)	0.82 ± 0.00	0.82 ± 0.08
Total sugar (%w/w)	10.82 ± 0.00	10.45 ± 0.12

(1) สารละลายโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 (w/v) เวลา 30 นาที = ชุดควบคุม ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 12 ซ้ำ

(2) สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0.50 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) เวลา 30 นาที = ชุดปรับปรุง ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

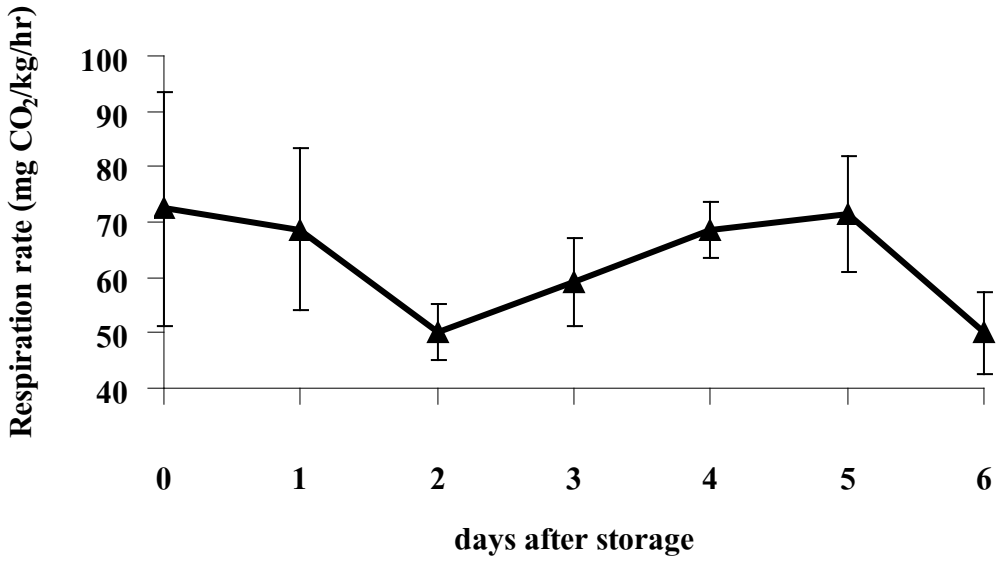
(1) 1% potassium alum combination with 1% sodium chloride (w/v) for 30 min. = Control
Data shown are the means ± S.D. (*n = 12*)

(2) 0.50% citric acid combination with 0.25% calcium chloride (w/v) for 30 min. = Improved treatment
Data shown are the means ± S.D. (*n = 6*)

1.2 อัตราการหายใจของเนื้อมังคุดคัด

จากการศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมังคุดคัดที่ผ่านการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 (w/v) เป็นเวลา 30 นาทีซึ่งเป็นชุดควบคุม พบว่า เนื้อมังคุดคัดมีอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 10° ซ อยู่ในช่วง 50-72 มก.CO_2/กก./ชม. ตลอดระยะเวลา 6 วัน (ภาพที่ 4) โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอัตราการหายใจของเนื้อมังคุดคัดมีค่าเท่ากับ 71.72 มก.CO_2/กก./ชม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลมังคุดสดที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุดของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529) 5.41 เท่า ซึ่งมีการรายงานไว้ที่ 13.26 มก.CO_2/กก./ชม. ที่อุณหภูมิ 10°ซ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531) เนื่องจากผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับบรรยากาศเพิ่มขึ้น ทำให้แก๊สออกซิเจนสามารถแพร่เข้าไปภายในเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เซลล์ถูกทำลายจากกระบวนการการเผาผลาญสารอาหารที่เพิ่มขึ้น (Zagory, 1995; Saltveit, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Ahvenainen (1996) ซึ่งกล่าวว่า ผักและผลไม้สดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักและผลไม้สดทั้งผล 1.2-7.0 เท่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจของมังคุดคัดจะลดลงจนถึงวันที่ 2 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามอัตราการหายใจของมังคุดคัดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาไม่ได้สูงไปกว่าวันเริ่มต้น โดยมีค่าเท่ากับ 70.44 มก.CO_2/กก./ชม. ในช่วงนี้สารอาหารที่มีในผลิตผล เช่น น้ำตาล และกรดอินทรีย์ เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบกับมีการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถใช้สารอาหารจากผลิตผลเป็นสารตั้งต้นในการสร้างพลังงาน เพื่อใช้ในกิจกรรมของเซลล์จุลินทรีย์ได้เช่นกัน (Wills *et al*., 1998; Wiley, 1994) หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากสารอาหารที่สะสมในผลิตผลมีน้อยลงประกอบกับเกิดการเสื่อมสลายของผลิตผล ซึ่งสังเกตได้จากการเกิดจุดสีน้ำตาลขึ้นที่บริเวณผิวของมังคุดคัด

มังคุดคัดในการทดลองนี้มีอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 10°ซ เฉลี่ยเท่ากับ 62.88 มก.CO_2/กก./ชม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราการหายใจของผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคชนิดอื่น เช่น กีวี กล้วย พีช มะเขือเทศ และแคนตาลูป ซึ่งมีการรายงานไว้ที่ 23.30 21.10 18.60 10.00 และ 9.00 มก.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (Watada *et al*., 1996) อาจเนื่องมาจากในกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำมังคุดคัดเกิดบาดแผลที่เนื้อเยื่อถูกทำลายมากกว่าผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคชนิดอื่น เพราะผลมังคุดที่นำมาทำการทดลองเป็นผลมังคุดสดที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 ซึ่งเนื้อมังคุดยังติดอยู่กับเปลือกผลทำให้ยากต่อกระบวนการแปรรูปให้เป็นผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค



ภาพที่ 4 อัตราการหายใจของมังคุดคัด (มก.CO_2/ กก./ชม.) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10^{o}ซ
บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 12 ซ้ำ

Respiration rate (mg CO_2/kg/hr) of fresh-cut unripe mangosteen during storage at 10^{o}C

Bars represent S.D. (*n = 12*)

2. การปรับปรุงกระบวนการผลิตและแนวทางการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของมังคุดคัด

การศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตมังคุดคัด โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีแต่ละชนิดในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และรักษาเนื้อสัมผัสของมังคุดคัด ซึ่งมีระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้ คือ

(1) โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ 1 + 1 w/v) (ชุดควบคุม)

(2) กรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.50 + 0.25 w/v)

(3) กรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.50 + 0.50 w/v)

เป็นเวลา 20 และ 30 นาที ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน เป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

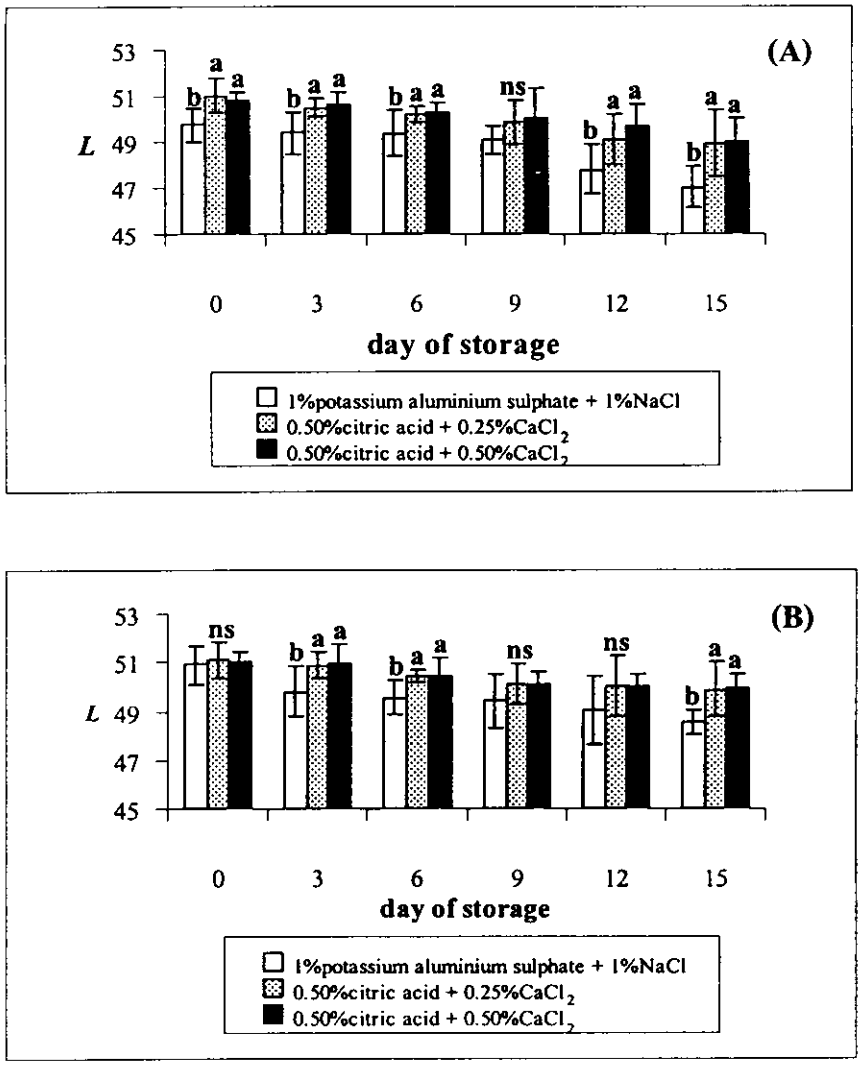
ค่าสี

ค่าสีที่วัดได้จากเครื่องวัดสี Hunterlab ในระบบ CIE ประกอบด้วยค่า L a และ b ซึ่งค่า L หมายถึง ความสว่างของเนื้อมังคุดคัด ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าเนื้อมังคุดคัดมีความสว่างมาก จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ที่ทั้งสองระดับความเข้มข้นส่งผลให้ค่า L ของเนื้อมังคุดคัดสูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม (ภาพที่ 5A และ 5B)

เนื่องจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะหนัก (chelating agent) ที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส รวมทั้งมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง (ประมาณ 2.50) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้การใช้ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากแคลเซียมอิออนมีผลทำให้เอนไซม์และสับเสตรทมายังผิวหน้าของมังคุดคัดน้อยลง ประกอบกับคลอไรด์อิออนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ (Jiang, 1999) จึงมีผลทำให้ความสว่างของเนื้อมังคุดคัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตไม่มีคุณสมบัติเหมือนกรดซิตริก และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายดังกล่าวคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากสารละลายดังกล่าวสามารถลดค่าความเป็นกรดด่างลง (ประมาณ 3.70) ถึงแม้จะมีคลอไรด์อิออนจากโซเดียมคลอไรด์ แต่ความเข้มข้นหรือประสิทธิภาพอาจไม่มากพอในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากคลอไรด์อิออนจะยับยั้งเอนไซม์ได้เมื่อค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายน้อยกว่า 3.50 (Lamikanra, 2002) ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่า L ของชุดควบคุมต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นนั่นเอง

สำหรับการเพิ่มเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดจาก 20 เป็น 30 นาที ส่งผลให้ค่า L ของเนื้อมังคุดคัดเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($P<0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 1) นอกจากนี้พบว่า

ค่า L ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองที่ทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม



ภาพที่ 5 ค่า L ของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

L value of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C Bars represent S.D. ($n = 6$)

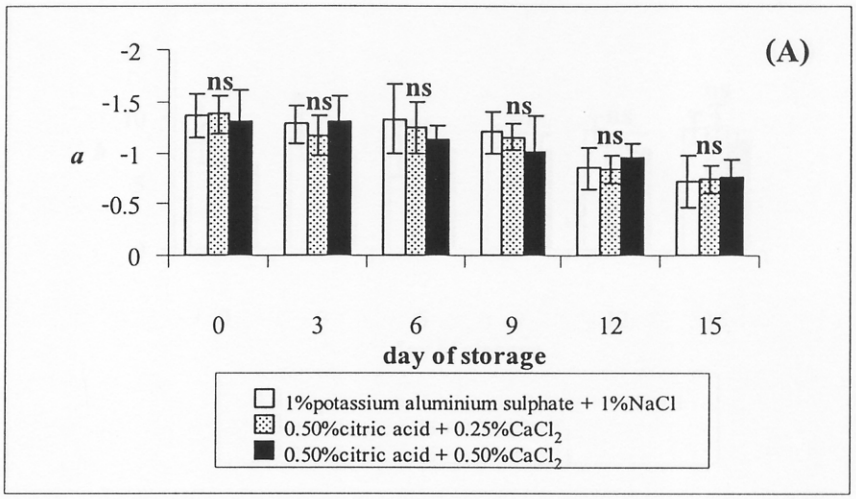
a,b... in the same days are significantly different ($P<0.05$)

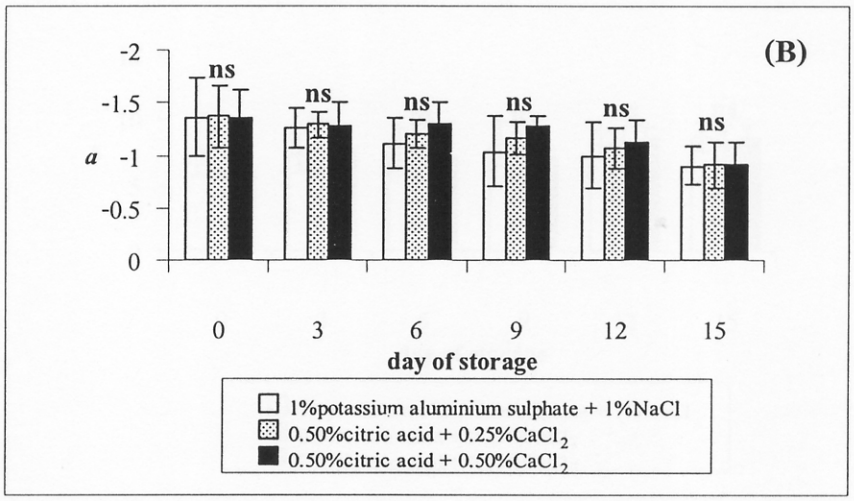
ns in the same days means not significantly different ($P>0.05$)

สำหรับค่า *a* ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่ามีสีค่อนไปทางสีแดง แต่ถ้ามีค่าเป็นลบจะมีสีค่อนไปทางสีเขียว จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า *a* ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P>0.05$) (ภาพที่ 6A และ 6B) และการเพิ่มเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดจาก 20 เป็น 30 นาทีก็ไม่ส่งผลต่อค่า *a* ของเนื้อมังคุดคัดเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 1) นอกจากนี้ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า *a* ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มค่อนไปทางสีแดงมากขึ้นในทุกชุดการทดลองที่ทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม

นอกจากนี้ค่า *b* ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีสีค่อนไปทางสีเหลือง แต่ถ้ามีค่าเป็นลบจะมีสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร่วมกับโซเดียมคลอไรด์แช่เนื้อมังคุดคัดเป็นเวลา 20 นาที ทำให้เนื้อมังคุดคัดมีสีค่อนไปทางสีเหลืองมากกว่าการใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ที่ทั้งสองระดับความเข้มข้นในวันที่ 0 และ 3 ของการเก็บรักษา ($P<0.05$) (ภาพที่ 7A) แต่เมื่อทำการแช่เนื้อมังคุดคัดเป็นเวลา 30 นาที ชนิดของสารละลายผสมไม่มีผลต่อค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัด ($P>0.05$) (ภาพที่ 7B)

สำหรับการเพิ่มเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดจาก 20 เป็น 30 นาทีก็ไม่ส่งผลต่อค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 1) นอกจากนี้ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มค่อนไปทางสีเหลืองมากขึ้นในทุกชุดการทดลองที่ทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม



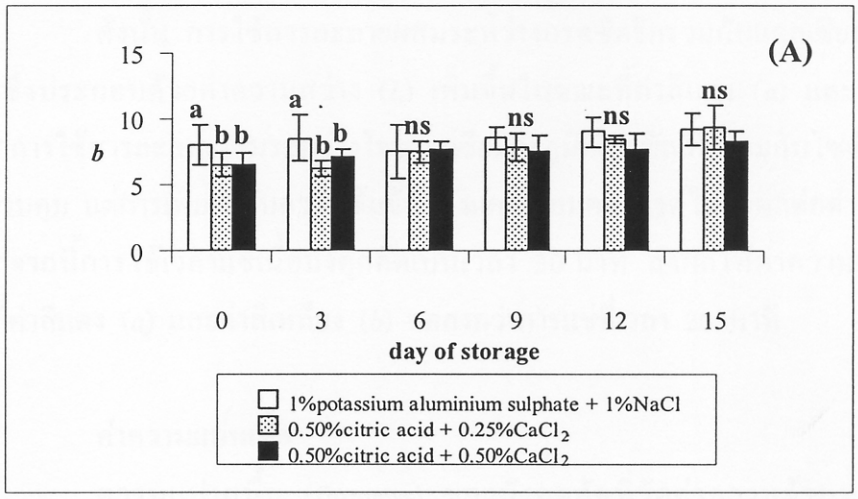


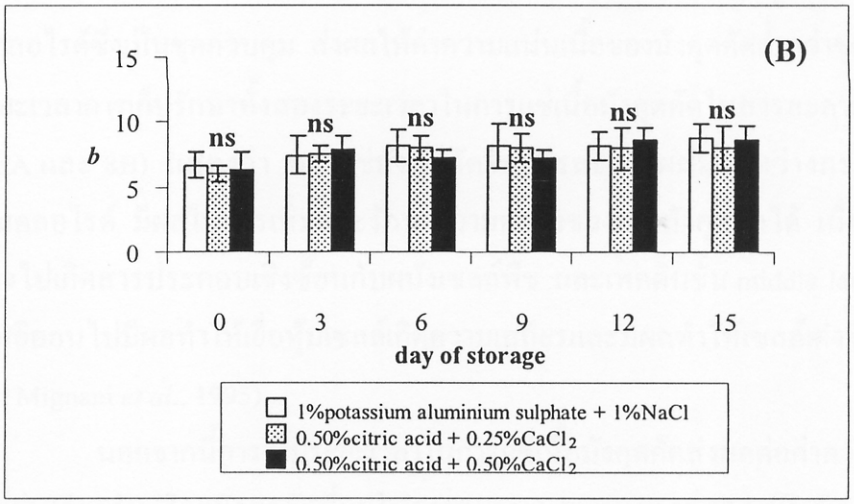
ภาพที่ 6 ค่า *a* ของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาทีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

a value of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C Bars represent S.D. ($n = 6$)

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





ภาพที่ 7 ค่า *b* ของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาทีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

b value of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C Bars represent S.D. ($n = 6$)

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

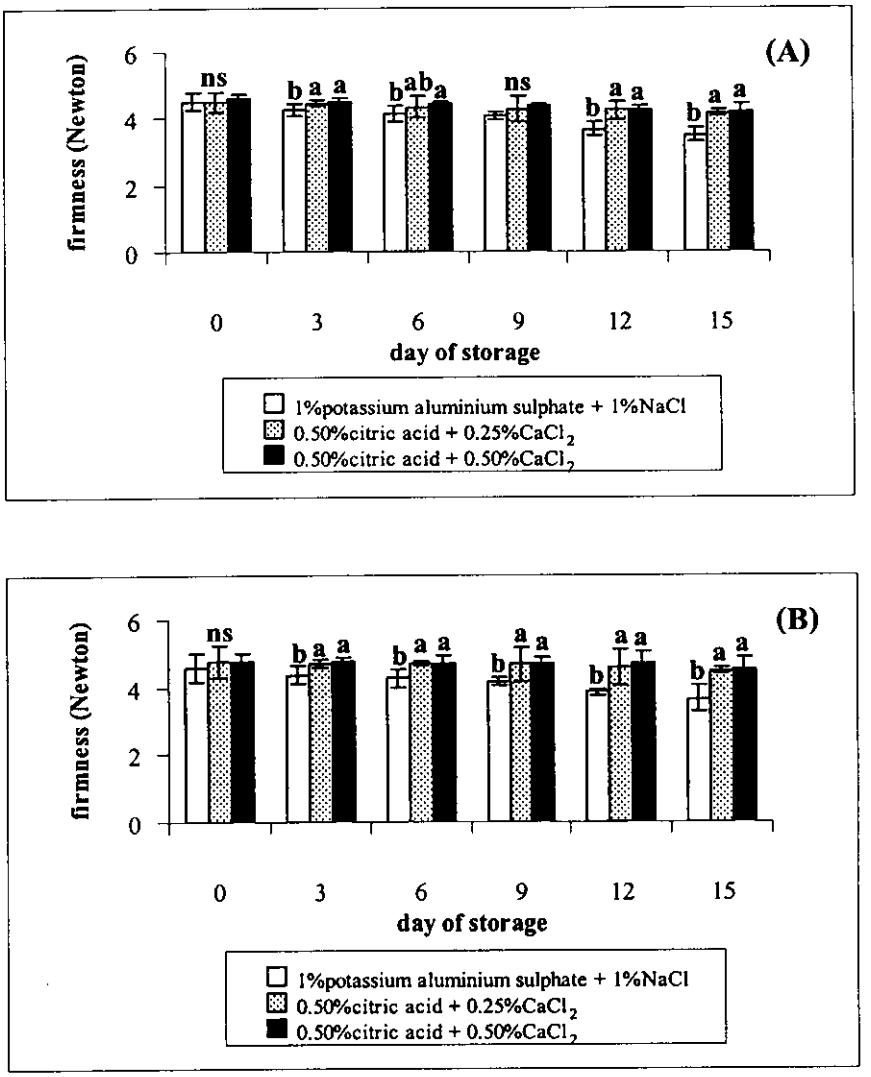
ns in the same days means not significantly different ($P>0.05$)

ดังนั้น การใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ค่าสี ซึ่งประกอบด้วยค่าความสว่าง (*L*) เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าสีแดง (*a*) และค่าสีเหลือง (*b*) ลดลงกว่าการใช้สารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นชุดควบคุม แต่การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ไม่ส่งผลต่อค่าสีของเนื้อมังคุดคัด นอกจากนี้การใช้เวลาแช่เนื้อมังคุดคัดเป็นเวลา 30 นาที ส่งผลให้ค่าความสว่าง (*L*) เพิ่มในขณะที่ค่าสีแดง (*a*) และค่าสีเหลือง (*b*) ลดลงกว่าการแช่ที่เวลา 20 นาที

ค่าความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อ (firmness) ของมังคุดคัดที่วัดค่าความต้านทานแรงกดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่า การใช้สารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P<0.05$) (ภาพที่ 8A และ 8B) แสดงว่า การแช่มังคุดคัดในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ มีผลในการเพิ่มและรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุดคัดได้ เนื่องจากแคลเซียมอิออนอาจไปเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับผนังเซลล์พืช และเพคตินชั้น middle lamella และ/หรือแคลเซียมอิออนไปมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดความเสถียรและมีผลทำให้เซลล์เต่งขึ้น (Picchioni *et al.*, 1995; Mignani *et al.*, 1995)

นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดเช่นเดียวกัน โดยมังคุดคัดที่แช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อสูงกว่าการแช่ที่เวลา 20 นาที ($P<0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 2) เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์สามารถแพร่เข้าไปยังเนื้อมังคุดคัดมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสมเพิ่มขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 8 ค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Firmness value of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C Bars represent S.D. ($n = 6$)

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

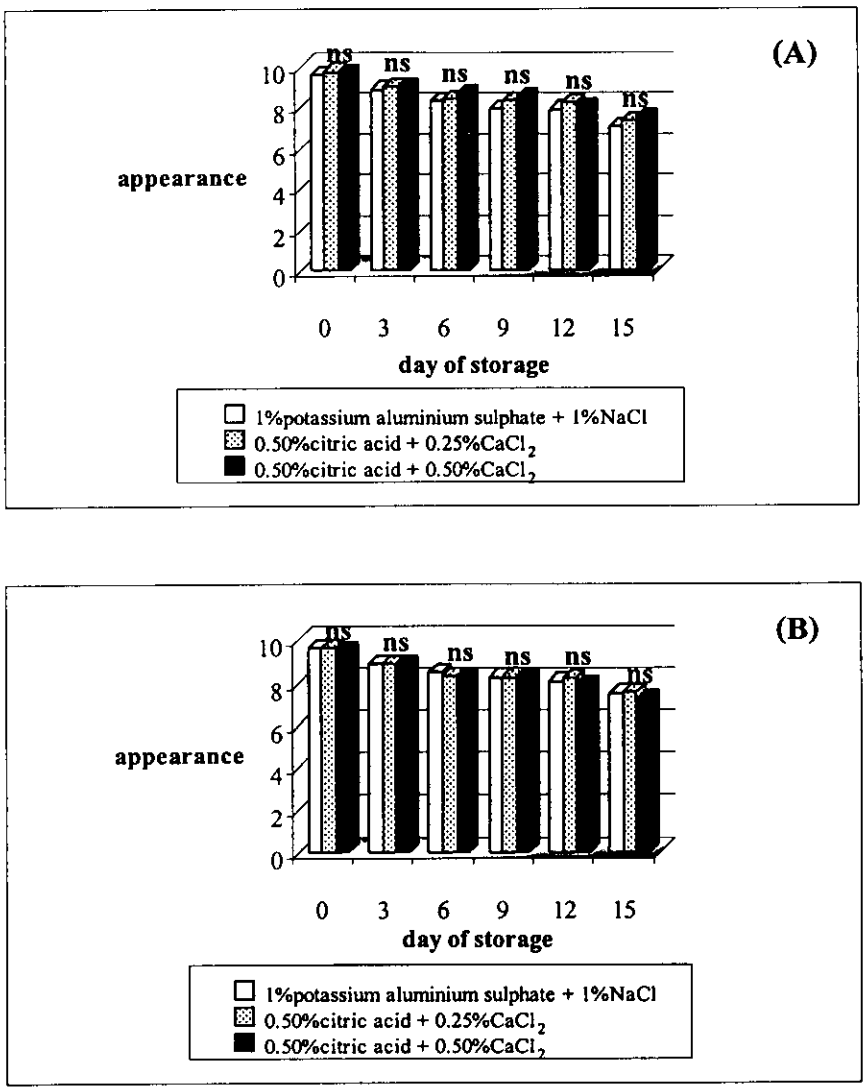
ns in the same days means not significantly different ($P>0.05$)

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สำหรับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมังคุดคัดโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยใช้สเกล 10 ซม. มีรายละเอียดของคุณลักษณะดังนี้

ลักษณะปรากฏ	0	หมายถึง ความคงรูปน้อย	10	หมายถึง	ความคงรูปมาก
สี	0	หมายถึง สีขาว	10	หมายถึง	สีน้ำตาลเข้ม
รสฝาด	0	หมายถึง น้อย	10	หมายถึง	มาก
เนื้อสัมผัส	0	หมายถึง ความแน่นเนื้อน้อย	10	หมายถึง	ความแน่นเนื้อมาก
การยอมรับรวม	0	หมายถึง การยอมรับน้อย	10	หมายถึง	การยอมรับมาก

ลักษณะปรากฏ จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P>0.05$) จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏประมาณ 9 หมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีความคงรูปสูงซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดยังมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ประมาณ 7 ในทุกสภาวะการทดลอง แสดงว่า เนื้อมังคุดคัดยังมีความคงรูปสูงแม้ระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปนาน 15 วัน เนื่องจากผลมังคุดที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการทดลองเป็นผลที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 อย่างไรก็ตามลักษณะปรากฏของมังคุดคัดมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($P<0.05$) (ภาพที่ 9A และ 9B) อาจเนื่องมาจากเมื่อผลไม้สุกโปรโตเพคตินสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นเพคตินได้มากขึ้น ประกอบกับผนังเซลล์พืชและเพคตินถูกย่อยสลายจากเอนไซม์ในตัวผลิตผล และ/หรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้ความคงรูปของผลไม้ลดลงได้นั่นเอง (รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2544; Lamikanra, 2002) นอกจากนี้พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดจาก 20 เป็น 30 นาที ส่งผลต่อความคงรูปของเนื้อมังคุดคัด โดยมังคุดคัดที่แช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 30 นาที มีลักษณะปรากฏหรือความคงรูปมากกว่าการแช่ที่เวลา 20 นาที ($P<0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 3)



ภาพที่ 9 คะแนนลักษณะปรากฏของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

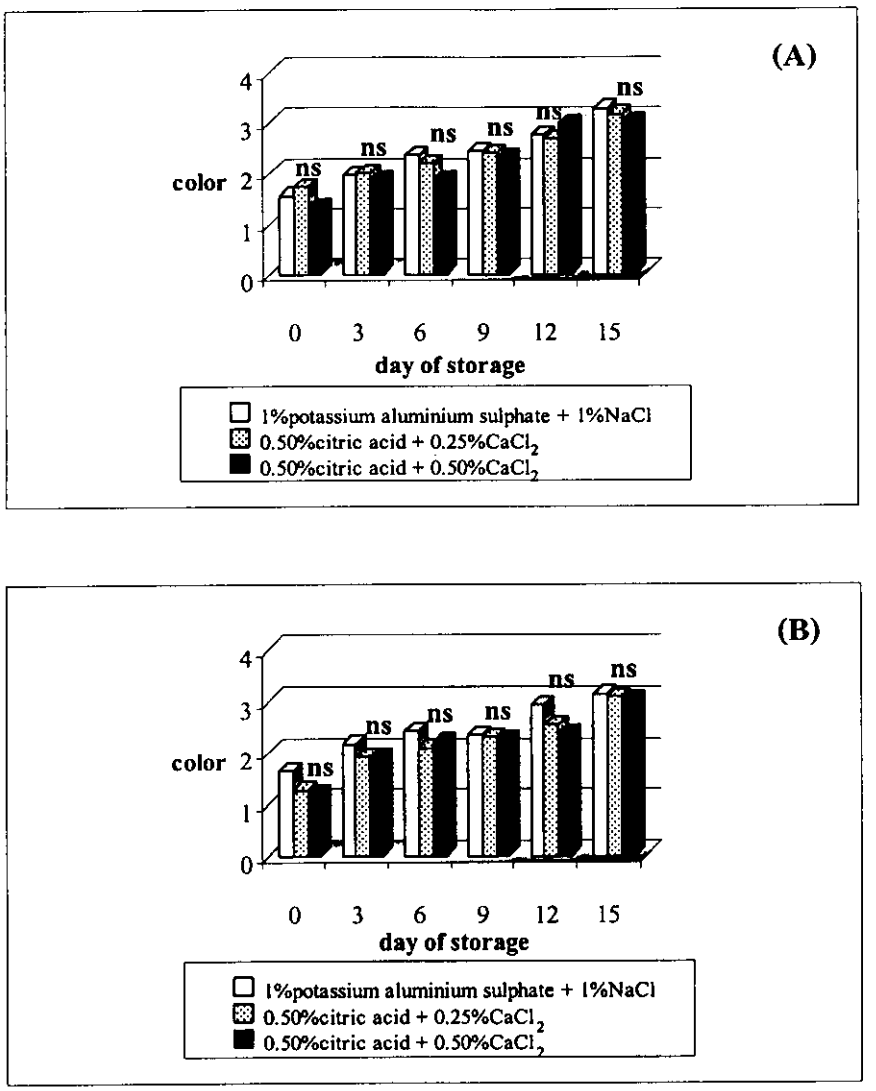
ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Appearance scores of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C

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

สี จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านสีของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัดโดยเนื้อมังคุดคัดที่ทำการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม เนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลมากกว่าชุดการทดลองอื่นทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P<0.05$) แต่หากพิจารณาในแต่ละวันการใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัด ($P>0.05$) (ภาพที่ 10A และ 10B) และการเพิ่มระยะเวลาในการแช่จาก 20 เป็น 30 นาที ก็ไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านสีของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 3) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีเพิ่มขึ้น นั่นหมายถึง เนื้อของมังคุดคัดมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($P<0.05$)

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีอยู่ระหว่าง 1-2 หมายถึงเนื้อมังคุดคัดมีสีขาวซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านสีประมาณ 3 ในทุกสภาวะการทดลอง เพราะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 15 วัน เนื้อมังคุดคัดจะมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นแต่ยังอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ การเกิดสีน้ำตาลของมังคุดคัดนอกจากจะเกิดที่บริเวณส่วนเนื้อแล้วยังเกิดบริเวณระหว่างกลีบซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมติดกับเปลือกผลทำให้ยากต่อการตัดแต่ง ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดบาดแผลเพิ่มมากขึ้น และทำให้ของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น สารประกอบฟีนอลไหลออกมาที่ผิวหน้า เมื่อสารโมโนฟีนอลถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ในสภาวะที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและออกซิเจน เกิดเป็นสาร O-quinone และเมื่อ O-quinone รวมกับสารตัวอื่น เช่น กรดอะมิโน โปรตีน สารประกอบฟีนอล ส่งผลให้เกิดสารสีน้ำตาลที่มีโครงสร้างซับซ้อน ทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงได้นั่นเอง (ภาพที่ 11)



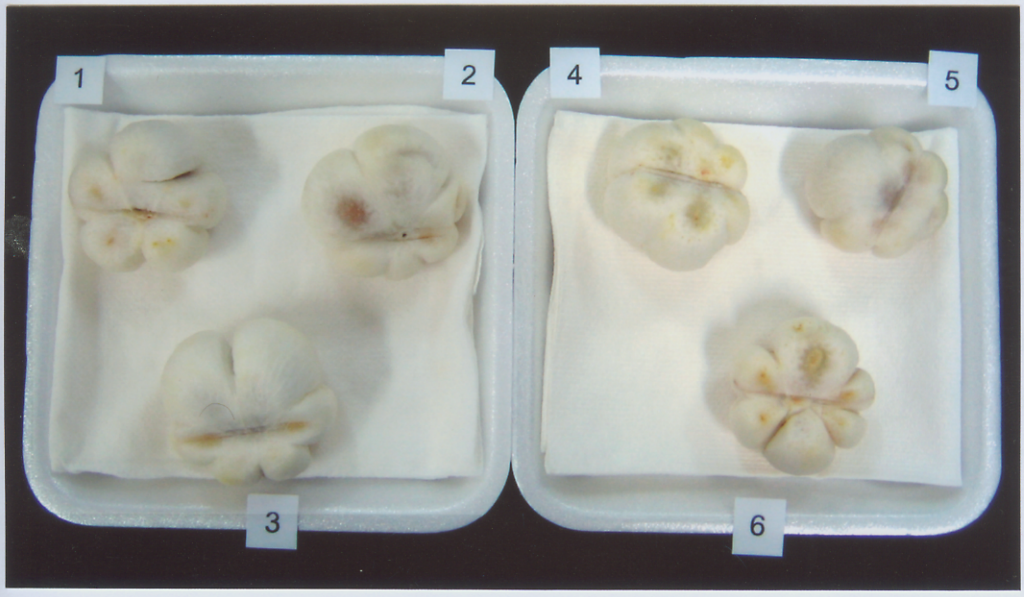
ภาพที่ 10 คะแนนด้านสีของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

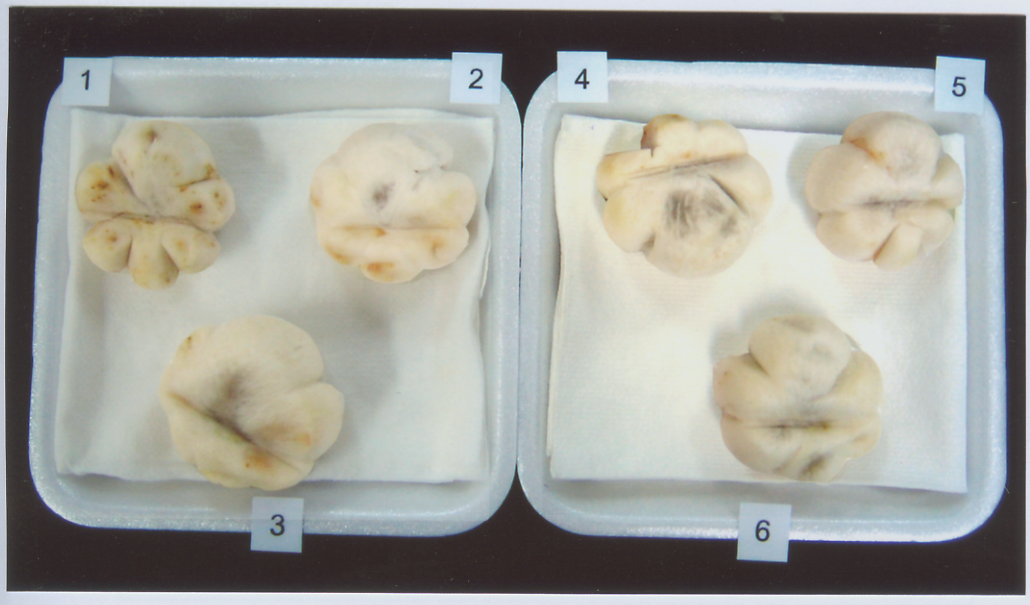
Color scores of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C

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

(A)



(B)



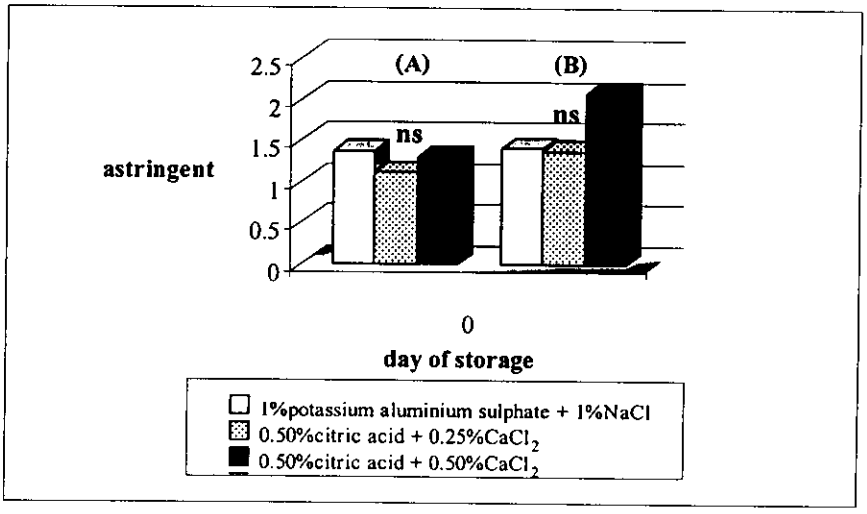
ภาพที่ 11 มังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0 (A) และ15 (B) วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ

(1) โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต+โซเดียมคลอไรด์ (1+1% w/v) 20 นาที
(2) โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต+โซเดียมคลอไรด์ (1+1% w/v) 30 นาที
(3) กรดซิตริก+แคลเซียมคลอไรด์ (0.50+0.25% w/v) 20 นาที
(4) กรดซิตริก+แคลเซียมคลอไรด์ (0.50+0.25% w/v) 30 นาที
(5) กรดซิตริก+แคลเซียมคลอไรด์ (0.50+0.50% w/v) 20 นาที
(6) กรดซิตริก+แคลเซียมคลอไรด์ (0.50+0.50% w/v) 30 นาที

Fresh- cut unripe mangosteen treated with different chemical solution during storage for 0 (A) and 15 (B) days at 10°C

(1) potassium aluminium sulphate+sodium chloride (1+1% w/v) 20 min.
(2) potassium aluminium sulphate+sodium chloride (1+1% w/v) 30 min.
(3) citric acid+calcium chloride (0.50+0.25% w/v) 20 min.
(4) citric acid+calcium chloride (0.50+0.25% w/v) 30 min.
(5) citric acid+calcium chloride (0.50+0.50% w/v) 20 min.
(6) citric acid+calcium chloride (0.50+0.50% w/v) 30 min.

รสฝาด การทดสอบคุณลักษณะทางด้านรสฝาดเริ่มต้นของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านรสฝาดของมังคุดคัดทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P>0.05$) (ภาพที่ 12A และ 12B) และการเพิ่มระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดจาก 20 เป็น 30 นาที ก็ไม่ส่งผลต่อคะแนนรสฝาดของมังคุดคัดเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่ามีคะแนนรสฝาดมากกว่าการใช้สารละลายผสมที่มีแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่าทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุด อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่สูงกว่าสามารถแพร่เข้าไปยังเนื้อมังคุดคัดได้มากกว่า จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบรับรสฝาดได้มากกว่าการใช้ระดับแคลเซียมคลอไรด์ที่ต่ำกว่านั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านรสฝาดอยู่ระหว่าง 1-2 หมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีรสฝาดอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ในทุกสภาวะการทดลอง และการทดสอบคุณลักษณะทางด้านรสฝาดทำการทดสอบเฉพาะในวันเริ่มต้นเพื่อดูผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อรสฝาดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์มังคุดคัดเท่านั้น จึงไม่ทำการทดสอบระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 12 คะแนนรสฝาดของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ที่อุณหภูมิ 10°ซ

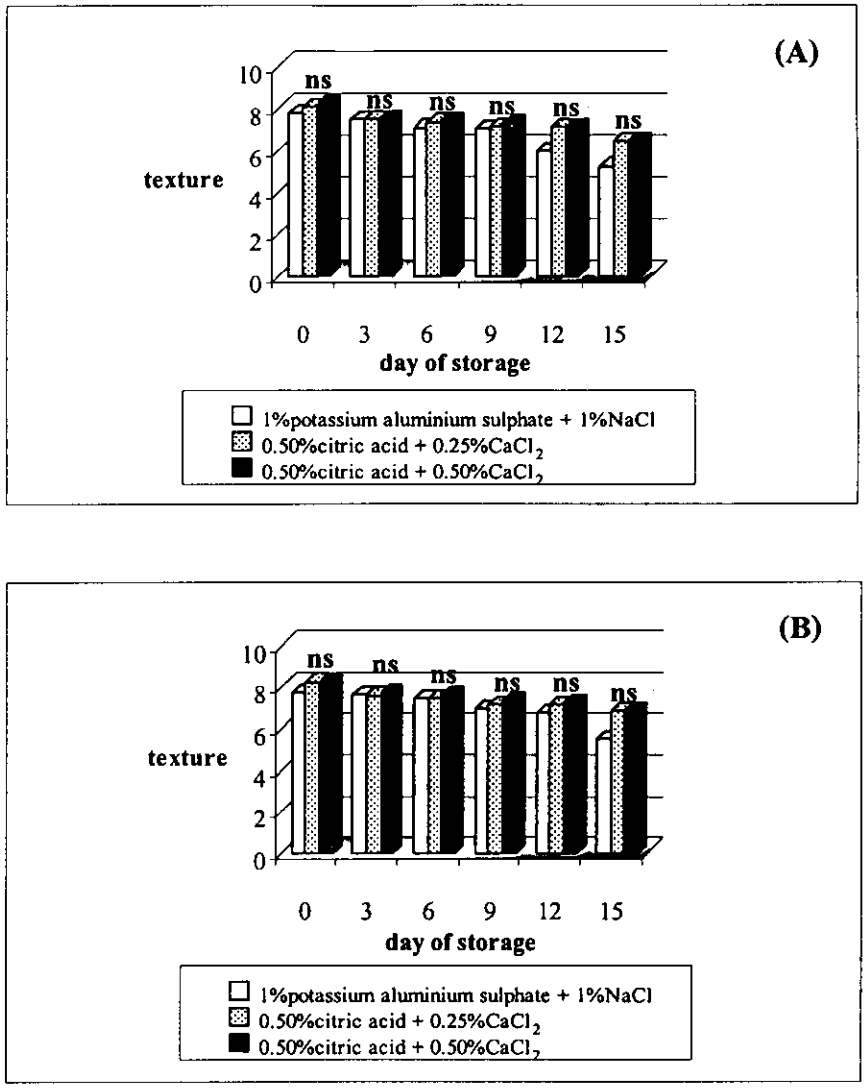
ตัวอักษร ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Astringent scores of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C

ns means not significantly different ($P>0.05$)

เนื้อสัมผัส จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของมังคุดดัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสโดยเนื้อมังคุดดัดที่ทำการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม เนื้อมังคุดดัดมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดดัดในสารละลายผสม ($P<0.05$) แต่หากพิจารณาในแต่ละวันการใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดดัด ($P>0.05$) และคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของชุดควบคุมมีแนวโน้มลดต่ำลงกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดดัด โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 8 ในทุกชุดการทดลอง หมายถึง เนื้อมังคุดดัดมีความแน่นเนื้อมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์มังคุดดัด และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดดัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 5 ในชุดควบคุม เนื่องจากเนื้อสัมผัสนิ่มลงและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 7 ซึ่งยังคงมีค่าใกล้เคียงกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เนื้อมังคุดดัดยังมีความแน่นเนื้อสูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เนื่องจากผลของแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ความแน่นเนื้อของมังคุดดัดเพิ่มขึ้น ประกอบกับผลของกรดซิตริกซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อของผลไม้ได้ (ภาพที่ 13A และ 13B)

สำหรับการเพิ่มระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดดัดจาก 20 เป็น 30 นาที ไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสหรือความแน่นเนื้อของมังคุดดัด ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 3)



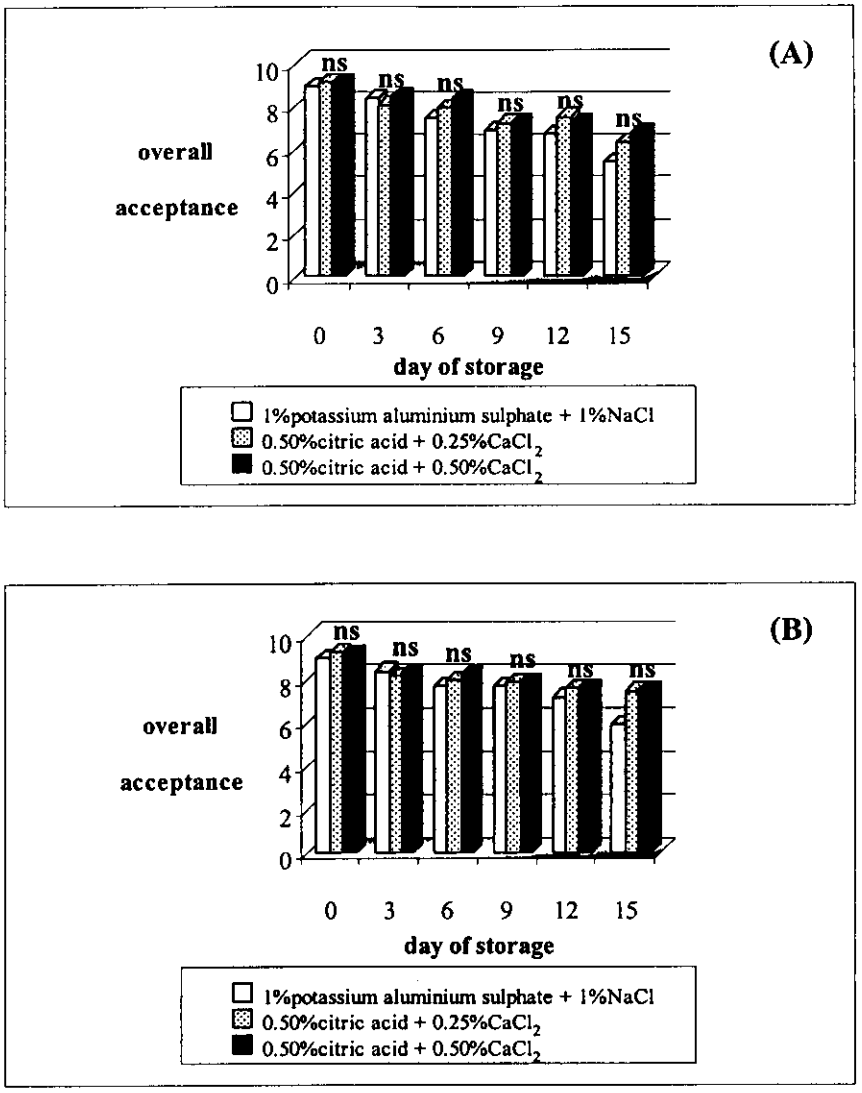
ภาพที่ 13 คะแนนเนื้อสัมผัสของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

Texture scores of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C

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

การยอมรับรวม คุณลักษณะการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์มังคุดคัด ตามความเคยชินของผู้บริโภคเนื้อมังคุดคัดต้องมีสีขาวและแข็งกรอบ หากเกิดสีน้ำตาลมากและ/หรือเนื้อสัมผัสนิ่มลงจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านการยอมรับรวมโดยเนื้อมังคุดคัดที่ทำการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม เนื้อมังคุดคัดมีคะแนนการยอมรับรวมต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม ($P<0.05$) แต่หากพิจารณาในแต่ละวัน การใช้สารละลายผสมที่มีส่วนผสมและความเข้มข้นต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านการยอมรับรวมของเนื้อมังคุดคัด ($P>0.05$) (ภาพที่ 14A และ 14B) และจากการสังเกตพบว่า คะแนนด้านการยอมรับรวมของชุดควบคุมมีแนวโน้มลดต่ำลงกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ทั้งสองระยะเวลาในการแช่เนื้อมังคุดคัดในสารละลายผสม โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวมประมาณ 9 ในทุกชุดการทดลอง หมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีสีขาวและมีความแน่นเนื้อสูง ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์มังคุดคัด และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวมประมาณ 5 ในชุดควบคุม ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวมอยู่ระหว่าง 6-7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนื้อมังคุดคัดของชุดควบคุมเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นและเนื้อสัมผัสนิ่มลงกว่าชุดการทดลองอื่น ดังนั้นผู้บริโภคจึงมีการยอมรับมังคุดคัดของชุดการทดลองมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณลักษณะการยอมรับด้านสีและเนื้อสัมผัส นอกจากนี้พบว่า มังคุดคัดที่แช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 30 นาที มีคะแนนการยอมรับรวมจากผู้บริโภคสูงกว่าการแช่ที่เวลา 20 นาที ($P<0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 3)



ภาพที่ 14 คะแนนการยอมรับรวมของมังคุดคัดเมื่อแช่สารละลายผสมที่ต่างกันเป็นเวลา 20 (A) และ30 (B) นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Overall acceptance scores of fresh-cut unripe mangosteen treated with different chemical solution and dipped for 20 (A) and 30 (B) min. during storage at 10°C

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

จากการศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดคัด โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีแต่ละชนิดในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และรักษาเนื้อสัมผัสของมังคุดคัดที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า การใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 (w/v) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ทั้งสองระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 0.50 (w/v) ส่งผลต่อคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วย ค่าสี เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีกว่าการใช้สารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตร้อยละ 1 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 (w/v) ซึ่งเป็นชุดควบคุม และการเพิ่มระยะเวลาในการแช่จาก 20 เป็น 30 นาทีก็ส่งผลดีต่อคุณภาพของมังคุดคัดเช่นเดียวกัน ในขณะที่การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณภาพของมังคุดคัด เพราะฉะนั้น ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี รวมทั้งระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดคัด คือ การใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 (w/v) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดที่ผ่านการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมดังกล่าวข้างต้นมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 50.11 - 1.36 6.04 และ 4.74 (N) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีค่าดังกล่าว เท่ากับ 49.90 - 0.91 8.04 และ 4.49 (N) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อมังคุดคัดมีค่าความสว่าง (L) ลดลง ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น และค่าความแน่นเนื้อลดลงเพียงร้อยละ 2.35 33.41 33.11 และ 5.48 ตามลำดับจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ซึ่งสภาวะนี้ถูกนำมาศึกษาในส่วนของการยืดอายุการเก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศต่อไป

3. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่แตกต่างกัน 3 สภาวะเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัดที่ผ่านการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที ได้แก่ สภาวะที่ 1 แก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 และแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 75 สภาวะที่ 2 แก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 และแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 70 และสภาวะที่ 3 บรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม) ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (อัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 23°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 เท่ากับ 1,007 และ 2,380 ซม.^{3}/ม^2/วัน/ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (อัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 23°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 เท่ากับ 36.60 และ 81.40 ซม.^{3}/ม.^{2}/วัน/ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ประสาทสัมผัส เคมีและจุลินทรีย์ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

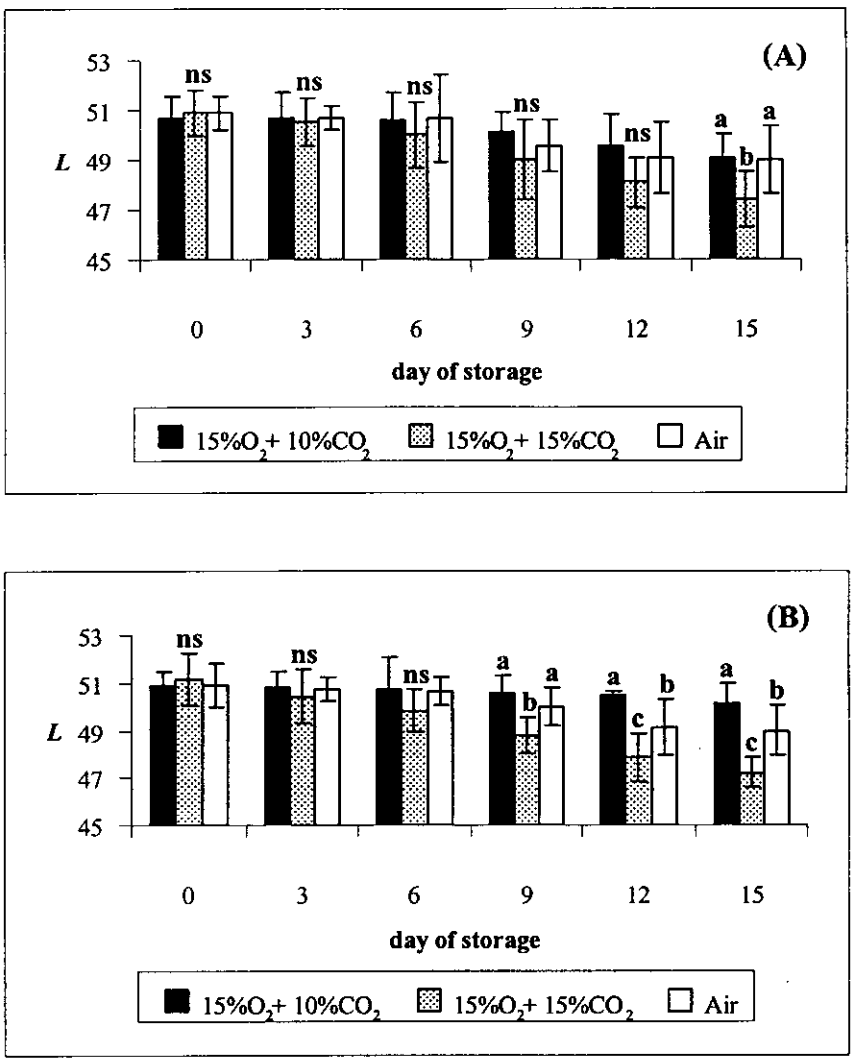
ค่าสี

สำหรับค่า L ของเนื้อมังคุดคัด พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า L ของเนื้อมังคุดคัด โดยเมื่อเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ส่งผลให้ค่า L ของเนื้อมังคุดคัดต่ำกว่าสภาพบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด (ภาพที่ 15A และ15B)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสัดส่วนที่เหมาะสมจะส่งผลให้ค่าความสว่างของเนื้อมังคุดคัดเพิ่มขึ้นกว่าบรรยากาศปกติ แต่หากมีการใช้ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจะทำให้ค่าความสว่างของเนื้อมังคุดคัดลดลงหรือเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิด CO_2 injury เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีผลไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ซัคซินิคดีไฮโดรจีเนส succinic dehydrogenase ทำให้เกิดการสะสมของกรด succinic เพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช (Jayas and Jeyamkondan, 2002) แต่

การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า L ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนไม่มากพอต่อการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมังคุดคัด (ตารางภาคผนวกที่ 4) นอกจากนี้พบว่า ค่า L ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด สำหรับค่า a ของเนื้อมังคุดคัด พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า a ของเนื้อมังคุดคัด โดยเมื่อเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ส่งผลให้ค่า a ของเนื้อมังคุดคัดสูงกว่า หรือเกิดสีแดงมากกว่าสภาพบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด (ภาพที่ 16A และ16B) ซึ่งสอดคล้องกับค่า L ของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดังกล่าวก็มีค่า L ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น เพราะเมื่อเนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นค่าความสว่าง (L) จะลดลงในขณะที่ค่าสีแดง (a) จะเพิ่มขึ้นนั่นเอง

แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า a ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนไม่มากพอต่อการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมังคุดคัด ซึ่งสอดคล้องกับค่า L ของเนื้อมังคุดคัด (ตารางภาคผนวกที่ 4) นอกจากนี้พบว่า ค่า a ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มค่อนไปทางสีแดงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด



ภาพที่ 15 ค่า *L* ของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

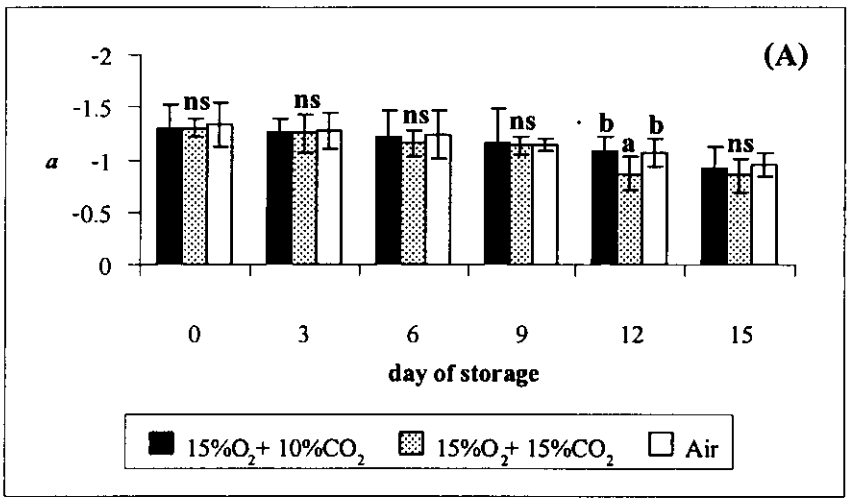
ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

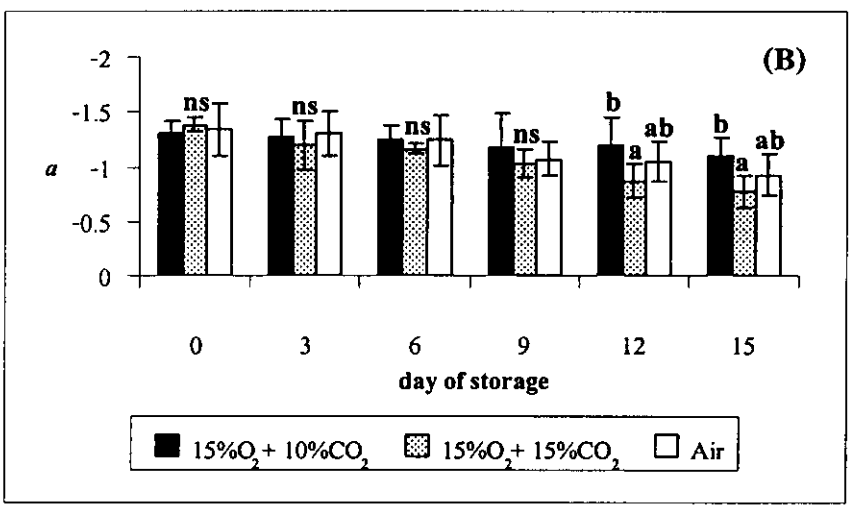
L value of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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 ($P>0.05$)





ภาพที่ 16 ค่า *a* ของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

a value of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

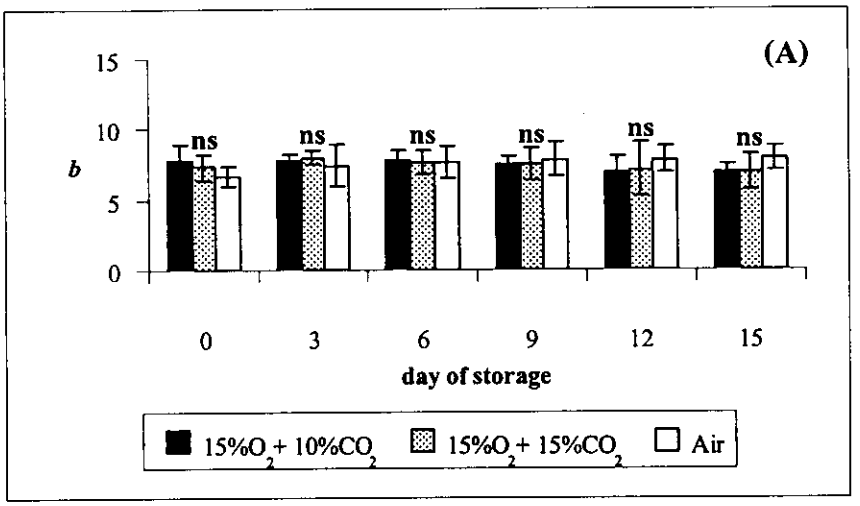
Bars represent S.D. ($n = 6$)

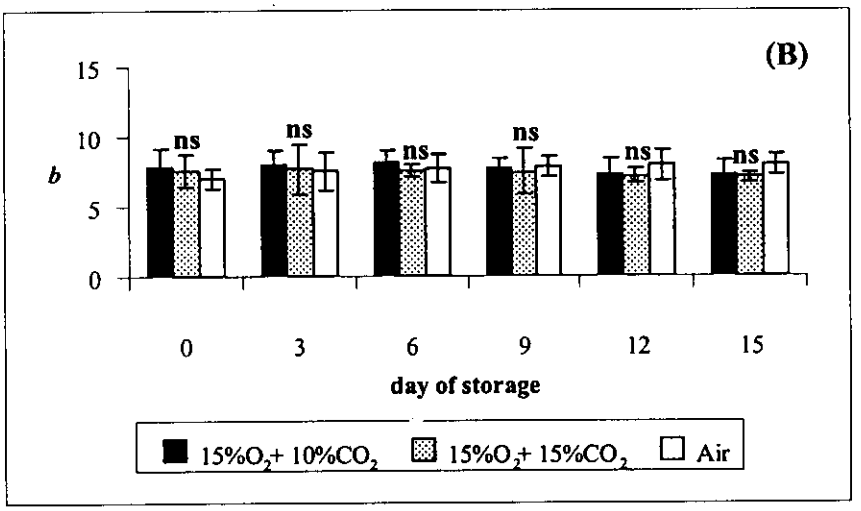
a,b... in the same days are significantly different ($P<0.05$)

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

สำหรับค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัด พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P>0.05$) (ภาพที่ 17A และ17B) นอกจากนี้การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันก็ไม่ส่งผลต่อค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 4) และจากการสังเกตพบว่า ค่า *b* ของเนื้อมังคุดคัดมีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด

ดังนั้นการใช้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า ส่งผลให้ค่าสีซึ่งประกอบด้วยค่าความสว่าง (*L*) เพิ่มในขณะที่ค่าสีแดง (*a*) ลดลงกว่าการใช้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่วนค่าสีเหลือง (*b*) ใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าสีของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีส่งผลให้ค่าความสว่าง (*L*) ค่าสีแดง (*a*) และค่าสีเหลือง (*b*) ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดภายใต้สภาวะดังกล่าวข้างต้นมีค่าความสว่าง (*L*) ค่าสีแดง (*a*) และค่าสีเหลือง (*b*) เท่ากับ 50.93 - 1.31 และ7.87 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีค่าดังกล่าว เท่ากับ 50.13 - 1.11 และ 7.28 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อมังคุดคัดมีค่าความสว่าง (*L*) และค่าสีเหลือง (*b*) ลดลงในขณะที่ค่าสีแดง (*a*) เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1.57 7.50 และ 15.27 ตามลำดับจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (ภาพที่ 15B, 16B และ17B)





ภาพที่ 17 ค่า *b* ของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

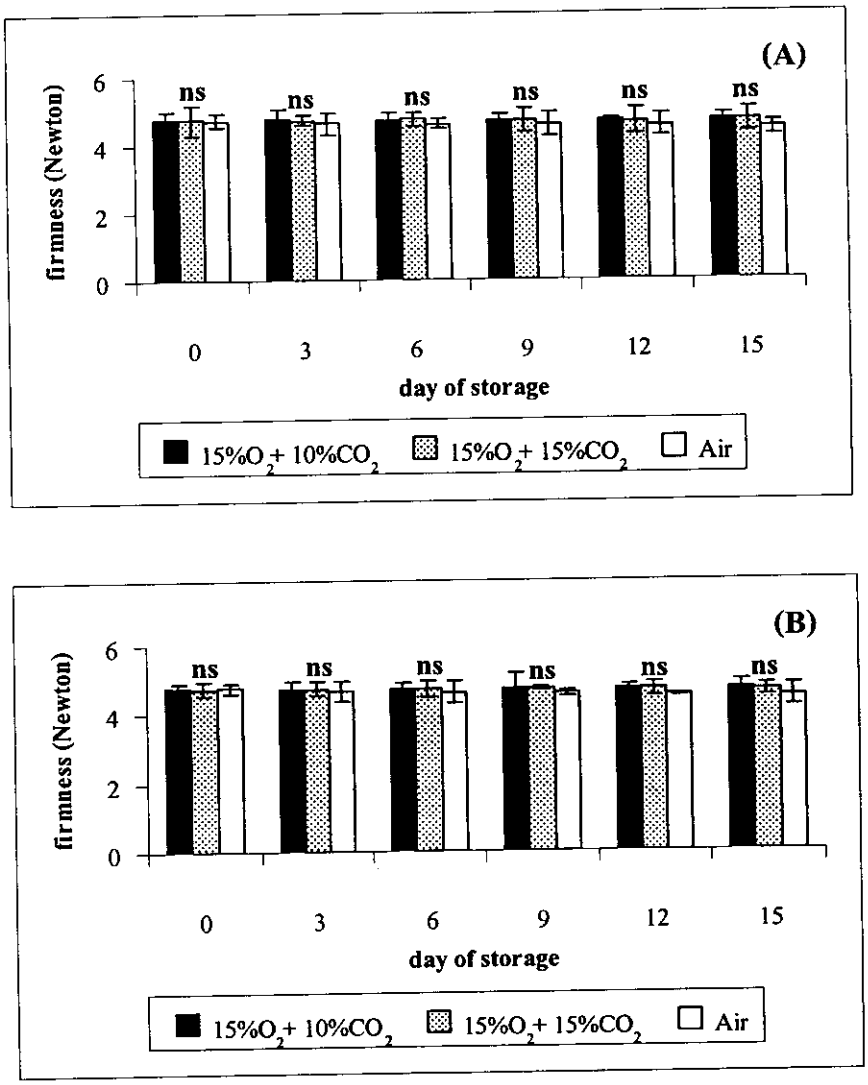
b value of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

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

ค่าความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อ (firmness) ของมังคุดคัดที่วัดค่าความต้านทานแรงกดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดโดยเนื้อมังคุดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) แต่หากพิจารณาในแต่ละวันการใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัด ($P>0.05$) (ภาพที่ 18A และ18B) อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อของมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติมีแนวโน้มลดลงมากกว่าชุดการทดลองอื่นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด เพราะเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีความแน่นเนื้อลดลงร้อยละ 5.71 และ 5.47 ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสองระดับความเข้มข้นในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอี มังคุดคัดมีความแน่นเนื้อลดลงเท่ากันคือร้อยละ 1.47 และ 1.27 ตามลำดับ อาจเนื่องจากการดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ดังนั้นจึงทำให้เนื้อสัมผัสของมังคุดคัดอ่อนนิ่มช้าลงได้ (Kader, 1986) ประกอบกับการดัดแปลงบรรยากาศสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มากกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) เพราะแม้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเพียงพอต่อการชะลออัตราการหายใจของผลิตผลจึงส่งผลให้ผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้ จึงทำให้ความแน่นเนื้อของมังคุดคัดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกที่ 5)



ภาพที่ 18 ค่าความแน่นเนื้อของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Firmness value of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

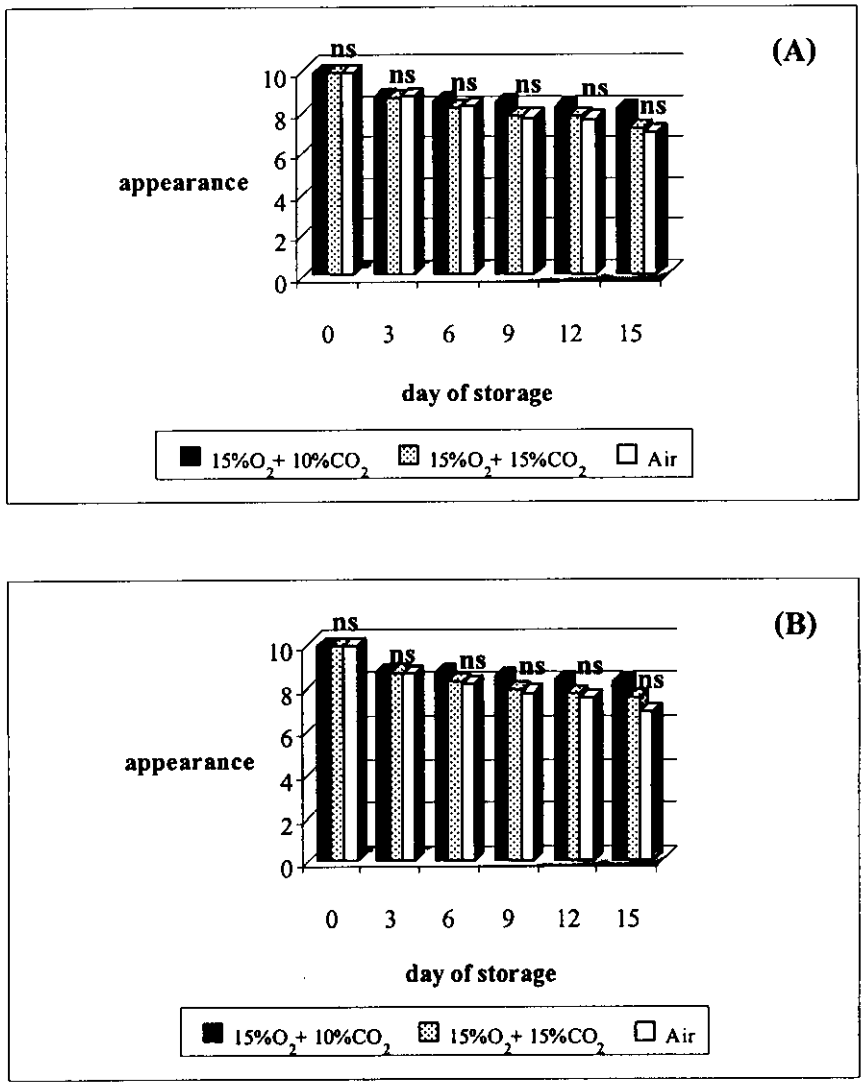
ns in the same days means not significantly different ($P>0.05$)

3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สำหรับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมังคุดคัดโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยใช้สเกล 10 ซม. มีรายละเอียดของคุณลักษณะดังนี้

ลักษณะปรากฏ	0	หมายถึง ความคงรูปน้อย	10	หมายถึง	ความคงรูปมาก
สี	0	หมายถึง สีขาว	10	หมายถึง	สีน้ำตาลเข้ม
เนื้อสัมผัส	0	หมายถึง ความแน่นเนื้อน้อย	10	หมายถึง	ความแน่นเนื้อมาก
กลิ่นผิดปกติ	0	หมายถึง กลิ่นผิดปกติน้อย	10	หมายถึง	กลิ่นผิดปกติมาก
การยอมรับรวม	0	หมายถึง การยอมรับน้อย	10	หมายถึง	การยอมรับมาก

ลักษณะปรากฏ จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏของเนื้อมังคุดคัดโดยเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าชุดการทดลองอื่นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากการดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสัดส่วนที่เหมาะสมสามารถชะลออัตราการหายใจของมังคุดได้ ดังนั้นจึงส่งผลให้มังคุดคัดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลงและยังมีความคงรูปสูง และ/หรือมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้จึงทำให้ความคงรูปของมังคุดคัดสูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกตินั่นเอง แต่หากพิจารณาในแต่ละวันการใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏของมังคุดคัด ($P>0.05$) (ภาพที่ 19A และ19B) อย่างไรก็ตามเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความคงรูปของมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติมีแนวโน้มลดต่ำลงกว่าชุดการทดลองอื่นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด และจากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏประมาณ 9 นั่นหมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีความคงรูปสูงซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดยังมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ประมาณ 7 ในทุกสภาวะการทดลอง แสดงว่า เนื้อมังคุดคัดยังมีความคงรูปมากแม้ระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปนาน 15 วัน นอกจากนี้พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันก็ไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 6) เพราะแม้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่



ภาพที่ 19 คะแนนลักษณะปรากฏของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Appearance score of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

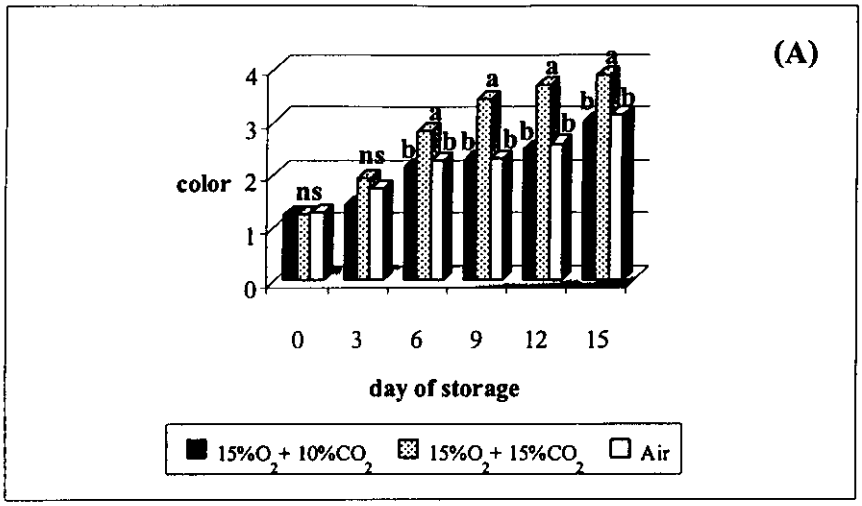
แตกต่างกัน แต่ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเพียงพอต่อการชะลออัตราการหายใจของผลิตผลจึงส่งผลให้ผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้ (Kader, 1986) ประกอบกับผลมังคุดที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการทดลองเป็นผลที่จัดอยู่ในระดับสีที่ 1 ซึ่งลักษณะของเนื้อภายในผลมีความแข็งและคงรูปสูง ดังนั้นการเก็บรักษามังคุดคัดในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดจึงไม่มีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏนั่นเอง (ตารางภาคผนวกที่ 6)

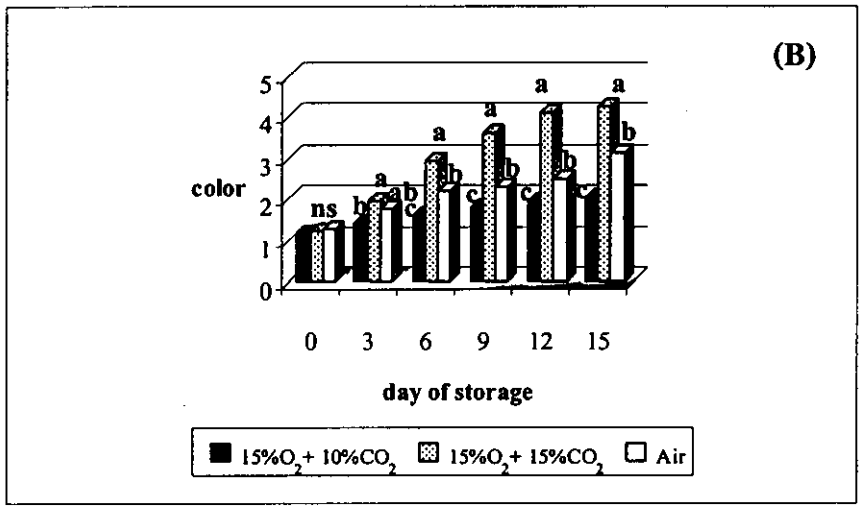
สี จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านสีของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ส่งผลให้คะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัดสูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด (ภาพที่ 20A และ20B) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสัดส่วนที่เหมาะสม ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ เนื่องจากแก๊สออกซิเจนมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุดคัด แต่หากมีการใช้ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจะทำให้ผลไม้ได้รับอันตรายจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมมากเกินไปในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมาจากสภาวะบรรยากาศที่บรรจุเข้าไปตอนเริ่มต้นประกอบกับการหายใจของตัวผลิตผลเอง (Jayas and Jeyamkondan, 2002)

ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อของมังคุดคัดจะมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีอยู่ระหว่าง 1-2 ในทุกสภาวะการทดลอง หมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีสีขาวซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านสีประมาณ 3 ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน ในขณะที่สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 เนื้อมังคุดคัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านสีประมาณ 4 ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด แสดงว่าภายใต้สภาวะดังกล่าวเนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลมากกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ สำหรับการเก็บรักษามังคุดคัด

ภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีประมาณ 2 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา และจากการสังเกตเห็นว่าเนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีที่วัดได้จากเครื่องวัดสี Hunterlab ในระบบ CIE (ภาพที่ 21) โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีค่าความสว่าง (*L*) ค่าสีแดง (*a*) และค่าสีเหลือง (*b*) เท่ากับ 50.93 -1.31 และ7.87 เพราะเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีค่าดังกล่าว เท่ากับ 50.13 -1.11 7.28 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อมังคุดคัดมีค่าความสว่าง (*L*) และค่าสีเหลือง (*b*) ลดลง รวมทั้งมี ค่าสีแดง (*a*) เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1.57 7.50 และ 15.27 ตามลำดับจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา

นอกจากนี้พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันก็ไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 6) อาจเป็นไปได้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนไม่มากพอต่อการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมังคุดคัด จึงทำให้คะแนนด้านสีของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานั่นเอง





ภาพที่ 20 คะแนนด้านสีของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

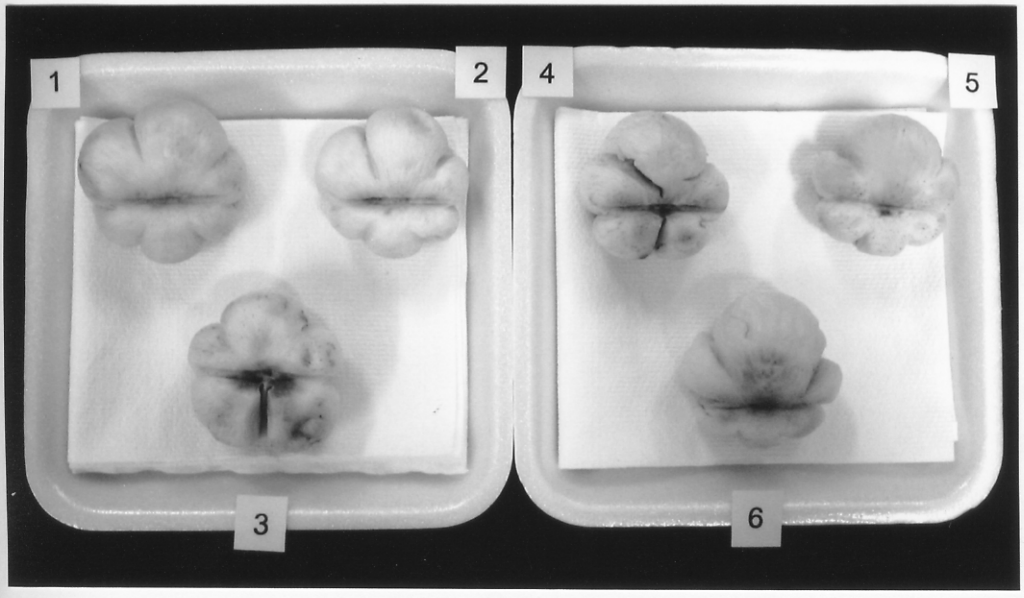
Color score of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

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

(A)

(B)



ภาพที่ 21 มังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศและบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0 (A) และ15 (B) วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ

(1) $15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$ ในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (4) $15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$ ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี

(2) $15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$ ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี (5) Air ในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน

(3) $15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$ ในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (6) Air ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี

Fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packaging during storage for 0 (A)and 15 (B) days at 10°C

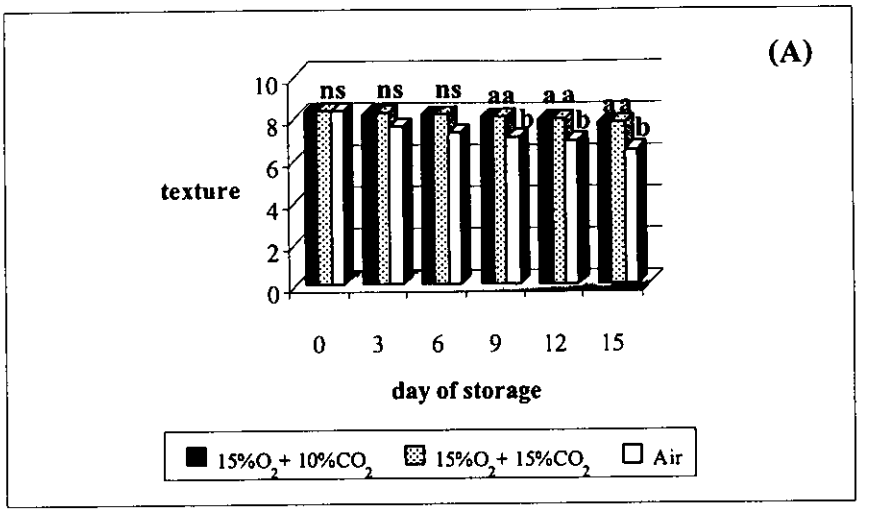
(1) $15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$ in polypropylene bag (4) $15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$ in nylon/LLDPE bag

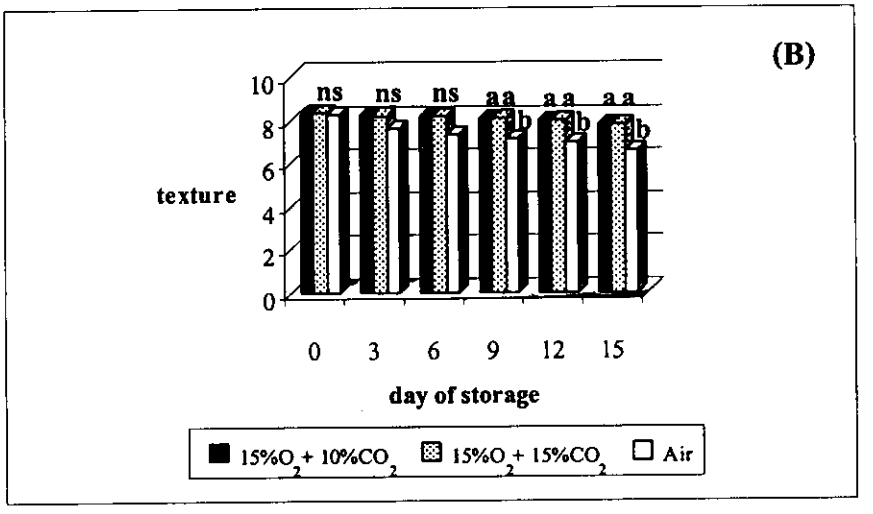
(2) $15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$ in nylon/LLDPE bag (5) Air in polypropylene bag

(3) $15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$ in polypropylene bag (6) Air in nylon/LLDPE bag

เนื้อสัมผัส จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) (ภาพที่ 22A และ22B) เนื่องจากการดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมส่งผลให้เนื้อสัมผัสอ่อนนิ่มช้าลง และ/หรือสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้ได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ในผักผลไม้ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ เมื่อมีแก๊สออกซิเจนต่ำลงในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ จึงส่งผลให้การเจริญของจุลินทรีย์ลดลงได้มากกว่าบรรยากาศปกตินั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 8 ในทุกชุดการทดลอง นั่นหมายถึง เนื้อมังคุดคัดมีความแน่นเนื้อมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์มังคุดคัด และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดมีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 6 ในชุดควบคุม เนื่องจากเนื้อสัมผัสนิ่มลง ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสประมาณ 7 ซึ่งยังคงมีค่าใกล้เคียงกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา นั่นแสดงให้เห็นว่า เนื้อมังคุดคัดยังมีความแน่นเนื้อสูงและผู้บริโภคยอมรับมากกว่าชุดควบคุม สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) เพราะแม้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเพียงพอต่อการชะลออัตราการหายใจของผลิตผลจึงส่งผลให้ผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อผลไม้ จึงทำให้ความแน่นเนื้อของมังคุดคัดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันนั่นเอง (ตารางภาคผนวกที่ 6)





ภาพที่ 22 คะแนนเนื้อสัมผัสของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

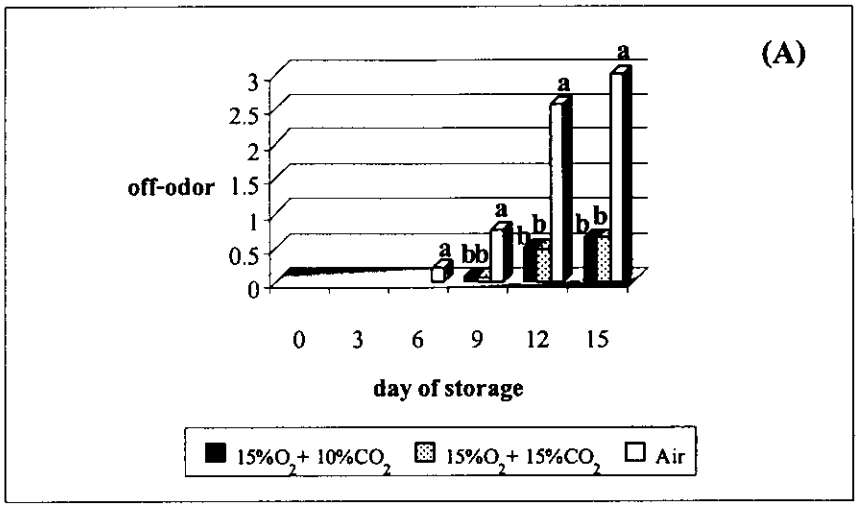
ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

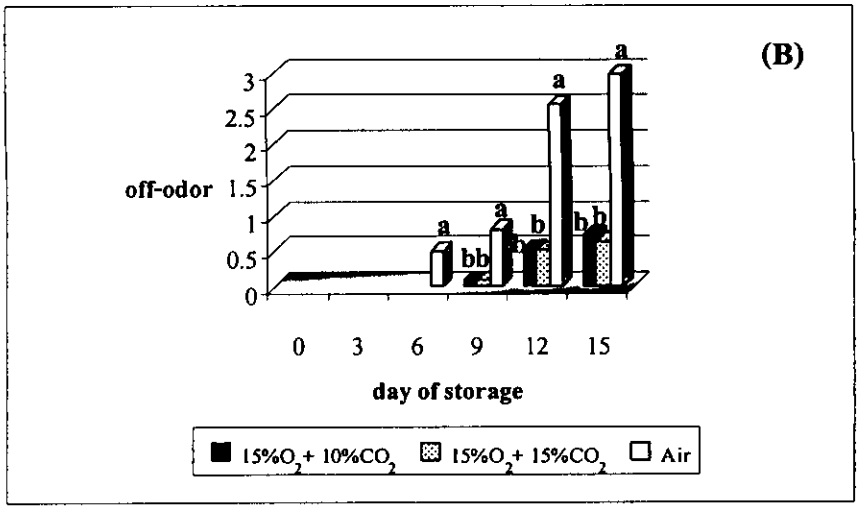
Texture score of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

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

กลิ่นผิดปกติ จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านกลิ่นผิดปกติของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส พบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่งผลให้คะแนนด้านกลิ่นผิดปกติของเนื้อมังคุดคัดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) (ภาพที่ 23A และ23B) เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกยีสต์รา และแบคทีเรียในบรรยากาศปกติมีมากกว่าสภาวะดัดแปลงสภาพบรรยากาศอาจส่งผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เอทานอล กรดอินทรีย์ และสารประกอบเอสเทอร์ที่ระเหยได้ (Carin *et al.*, 1990; Samigyi *et al.*, 1996; Jacxens *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ในการทดลองครั้งนี้ อย่างไรก็ตามการเกิดกลิ่นผิดปกติของมังคุดคัดของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยทุกสภาวะการทดลองไม่เกิดกลิ่นผิดปกติในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาชุดควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นผิดปกติประมาณ 3 ซึ่งเกินระดับการยอมรับของผู้บริโภค (ประมาณ 2) ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยน้อยกว่า 1 ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนด้านกลิ่นผิดปกติของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 6) แต่จากการสังเกตพบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีเกิดกลิ่นผิดปกติมากกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนที่สภาวะบรรยากาศเดียวกันในทุกชุดการทดลอง อาจเป็นเพราะอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี (เท่ากับ 36.60 และ81.40 ซม.^{3}/ม.^{2}/วัน/ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ) มีค่าต่ำกว่าถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (เท่ากับ 1,007 และ 2,380 ซม.^{3}/ม.^{2}/วัน/ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ) ดังนั้นการใช้ถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีจึงมีผลทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มากกว่านั่นเอง





ภาพที่ 23 คะแนนกลิ่นผิดปกติของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

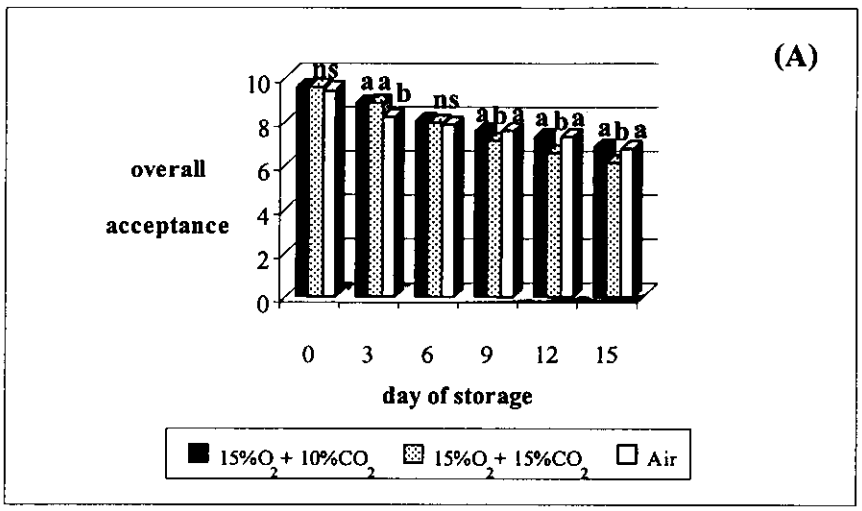
Off-odor score of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

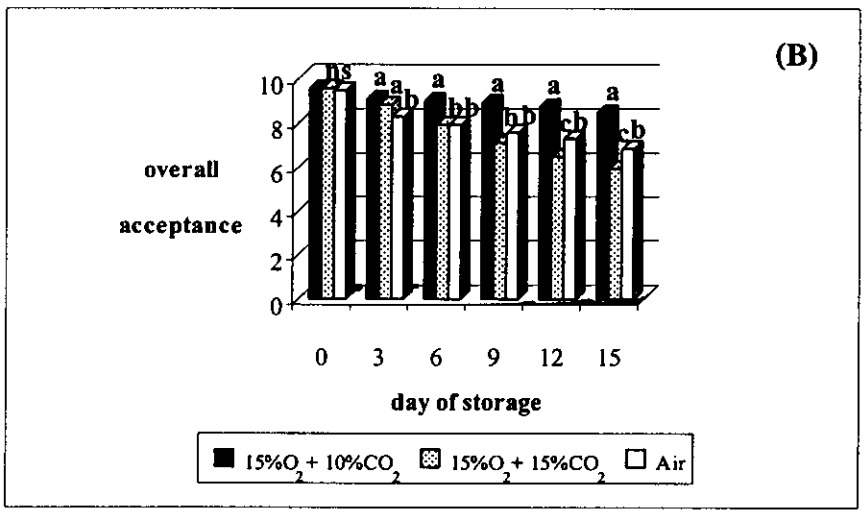
a,b... in the same days are significantly different ($P<0.05$)

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

การยอมรับรวม จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านการยอมรับรวมของมังคุดคัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส ถ้าคะแนนด้านการยอมรับรวมสูง นั่นหมายถึง ผู้ทดสอบยอมรับในเรื่องสีและความแน่นเนื้อของมังคุดคัดมาก จากการทดลองพบว่า สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อคะแนนการยอมรับรวมของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 เนื้อมังคุดคัดจะมีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด (ภาพที่ 24A และ24B) และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันก็ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับรวมของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 6) โดยเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีของชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน อาจเนื่องมาจากถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน จึงทำให้เก็บรักษาสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับมังคุดคัดได้ดีกว่าการใช้ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน แต่การเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีคะแนนการยอมรับรวมต่ำกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน นั่นเป็นเพราะการใช้ถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีอาจทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีมากเกินไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

นอกจากนี้พบว่า คะแนนการยอมรับรวมของมังคุดคัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในเรื่องสีและเนื้อสัมผัส เพราะเมื่อคะแนนด้านสีเพิ่มขึ้นประกอบกับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสลดลง จะส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมลดลงนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังมีคะแนนการยอมรับรวมใกล้เคียงกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา นั่นแสดงให้เห็นว่า มังคุดคัดที่เก็บรักษาในสภาวะดังกล่าวผู้ทดสอบมีการยอมรับสูงสุดนั่นเอง





ภาพที่ 24 คะแนนการยอมรับรวมของมังคุดคัดภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ต่างกันในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (A) และไนลอน/แอลแอลดีพีอี (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ

ตัวอักษร a,b... ที่ต่างกันในวันเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษร ns ในวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Overall acceptance score of fresh-cut unripe mangosteen under different modified atmosphere and packed in polypropylene (A) and nylon/LLDPE (B) bag during storage at 10°C

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

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

3.3 คุณภาพทางเคมี

การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดรสหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์) และรสเปรี้ยวในเนื้อมังคุดคัด (ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และปริมาณกรดแอสคอร์บิก) ดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสหวาน

องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสหวานในเนื้อมังคุดคัด ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 9 และวันที่ 12 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีตามลำดับ ($P<0.05$) ในขณะที่สภาวะดังกล่าวส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$)

เนื่องจากการดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนร่วมกับการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถชะลออัตราการหายใจของผลไม้ได้จึงทำให้ผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ และเมื่ออัตราการหายใจของพืชลดลงก็ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจของพืชมีสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติได้นั่นเอง ประกอบกับสภาวะบรรยากาศปกติมีการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าการดัดแปลงบรรยากาศซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้น้ำตาลเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่าการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศนั่นเอง

นอกจากนี้พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P>0.05$) แต่ส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง

สองชนิด ($P<0.05$) สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) เพราะแม้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดอาจเพียงพอต่อการชะลออัตราการหายใจของผลิตผลจึงไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสหวานของเนื้อมังคุดคัด ดังนั้นทำให้องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสหวานของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันนั่นเอง (ตารางภาคผนวกที่ 7)

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลไม้นอกจากจะอยู่ในรูปของน้ำตาลแล้วยังมีองค์ประกอบอื่นอีก เช่น เพคติน เป็นต้น เพราะเมื่อผลไม้ดิบเพคตินจะอยู่ในรูปที่ซับซ้อนและไม่ละลายน้ำเรียกว่าโปรโตเพคติน ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อผลไม้เสื่อมคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสลง สำหรับการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอาจเป็นผลจากกระบวนการหายใจของผลิตผลประกอบกับการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งต้องใช้น้ำตาลเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาดังกล่าวนั่นเอง

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสหวานของเนื้อมังคุดดิบที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 10°ซ

Chemical compositions responding to sweet taste of fresh-cut unripe mangosteen storaged under different modified atmosphere packaging at 10°C

Packaging material	Gas mixture	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/	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}
LLDPE	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/	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}
LLDPE	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/	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}
LLDPE	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}

ตัวอักษร a,b... ที่เหมือนกันในวันเดียวกันและบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P<0.05$)

ตัวอักษร A,B... ที่เหมือนกันในวันต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$)

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 ($P>0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสเปรี้ยว

องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสเปรี้ยวในเนื้อมังคุดคัด ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่งผลให้เนื้อมังคุดคัดมีค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) การที่ชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น เนื่องจากการเก็บรักษาเนื้อมังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติมีการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าการดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในการทดลองครั้งนี้ เพราะจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียแลกติกสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลกติก จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำลง สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของชุดควบคุมมีปริมาณต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นนั้นเป็นผลจากสภาพบรรยากาศปกติไม่สามารถชะลออัตราการหายใจของพืชได้ โดยในกระบวนการหายใจของพืชมีการใช้น้ำตาลและกรดอินทรีย์เป็นสารตั้งต้น จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกลดลงได้ สำหรับปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 และวันที่ 6 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน และไนลอน/แอลแอลดีพีอีตามลำดับ ($P<0.05$) เพราะการดัดแปลงบรรยากาศโดยลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติจะช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีในผักและผลไม้ได้ ซึ่งกรดแอสคอร์บิกสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยกรดแอสคอร์บิกเกิดการเปลี่ยนรูปที่ไม่ย้อนกลับของ dehydroascorbic acid ไปเป็น 2,3-diketogulonic acid (Burton, 1982)

สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และปริมาณกรดแอสคอร์บิกของมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 7) เพราะแม้ว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเพียงพอต่อการชะลออัตราการหายใจของมังคุดคัดจึงไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสเปรี้ยวของเนื้อมังคุดคัด ดังนั้นทำให้องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสเปรี้ยวของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันนั่นเอง อย่างไรก็ตามจากการสังเกตเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนที่สภาวะบรรยากาศเดียวกัน อาจเป็นเพราะถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ต่ำกว่าถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน ทำให้ปริมาณแก๊สที่มีในบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้การเก็บรักษามังคุดคัดในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเหลืออยู่มากกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนที่สภาวะบรรยากาศเดียวกัน เนื่องมาจากถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอีมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 36.60 ซม.^{3}/ม.^{2}/วัน/ความดันบรรยากาศ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าถุงโพลีโพรพีลีน (เท่ากับ 1,007 ซม.^{3}/ม.^{2}/วัน/ความดันบรรยากาศ) ดังนั้นจึงทำให้แก๊สออกซิเจนจากบรรยากาศภายนอกซึมผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้น้อยลงนั่นเอง

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด อาจเนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ผลไม้สุกเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกมีปริมาณลดลง และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับออกซิเจนในบรรยากาศทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงได้นั่นเอง นอกจากนี้ การลดลงของค่าความเป็นกรดด่าง เนื่องมาจากจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียแลกติกสามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในเนื้อมังคุดคัดไปเป็นกรดแลกติกได้ ซึ่งถ้าเป็นแบคทีเรียแลกติกกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) เมื่อสลายน้ำตาลกลูโคสจะได้กรดแลกติกทั้งหมดหรือเกือบร้อยละ 90 โดยผ่านทางวิถีเฮกโซสไดฟอสเฟต (hexosediphosphate pathway) แต่ถ้าเป็นกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) จะได้กรดแลกติกประมาณร้อยละ 50 โดยผ่านทางวิถีเฮกโซสโมโนฟอสเฟต (hexosemonophosphate pathway) ในขณะเดียวกันยีสต์และราประเภทไซโครโทรปสามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เอทานอล และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจของพืชและจุลินทรีย์สามารถละลายน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ทั้งกรดแลกติก และกรดคาร์บอนิกเป็นกรดอ่อนสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงได้นั่นเอง (Moat, 1979; Frazier and Westhoff, 1988)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อรสเปรี้ยวของเนื้อมังคุดดิบที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 10°ซ

Chemical compositions responding to sour taste of fresh-cut unripe mangosteen storaged under different modified atmosphere packaging at 10°C

Packaging material	Gas mixture	Storage time (day)					
		0	3	6	9	12	15
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}

ตัวอักษร a,b... ที่เหมือนกันในวันเดียวกันและบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P<0.05$)

ตัวอักษร A,B... ที่เหมือนกันในวันต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$)

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 ($P>0.05$)

3.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้คุณภาพของผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคลดลง และยังมีผลต่อการยอมรับและความปลอดภัยของผู้บริโภค สำหรับมาตรฐานทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภค ซึ่งรวมถึงผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) ได้กำหนดให้ปริมาณยีสต์ต้องพบได้ไม่เกิน 4.00 log cfu/g (10^4 cfu/g) ปริมาณเชื้อราต้องพบได้ไม่เกิน 2.70 log cfu/g (5 x 10^2 cfu/g) และ *E. coli* ต้องพบได้ไม่เกิน 10 MPN/กรัม นอกจากนี้ต้องไม่พบ *Salmonella* sp. สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ มีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 9)

จุลินทรีย์ทั้งหมด จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในมังคุดคัดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีระดับความเข้มข้นสูงกว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ

แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 8) อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของมังคุดคัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 3.89-3.92 log cfu/g ((7.75-8.30) x 10^3 cfu/g) และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 7.00-7.11 log cfu/g ((1.00-1.29) x 10^7 cfu/g) ในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ ในขณะที่การเก็บรักษาในบรรยากาศปกติมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงถึง 8.41-8.47 log cfu/g ((2.55-2.95) x 10^8 cfu/g) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ควรมีในผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค คือ ไม่เกิน 7.70 log cfu/g (5 x 10^7 cfu/g) (Gil *et al.*, 2002)

แบคทีเรียแลกติก จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลกติกในมังคุดคัดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียแลก

ติกของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียแลกติกของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนมากกว่าถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี โดยสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่ามีปริมาณแบคทีเรียแลกติกต่ำกว่าสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำตั้งแต่วันที่ 6 และวันที่ 9 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนและไนลอน/แอลแอลดีพีอีตามลำดับ ($P<0.05$)

แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียแลกติกของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 8) อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า ปริมาณแบคทีเรียแลกติกของมังคุดคัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณแบคทีเรียแลกติก 1.18-1.24 log cfu/g ((1.50-1.75) x 10 cfu/g) และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียแลกติกประมาณ 6.24-6.56 log cfu/g ((1.75-3.60) x 10^6 cfu/g) ในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ ในขณะที่การเก็บรักษาในบรรยากาศปกติมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกสูงถึง 7.83-7.94 log cfu/g ((6.75-8.70) x 10^7 cfu/g) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปริมาณแบคทีเรีย แลกติกที่ควรมีในผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค คือ ไม่เกิน 7.00 log cfu/g (10^7 cfu/g) (Jacxsens *et al.*, 2002)

เชื้อรา จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราในมังคุดคัดระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณเชื้อราของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อราสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) (ตารางที่ 9) แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณเชื้อราของเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 8) และจากการสังเกตพบว่า การเจริญเติบโตของเชื้อรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด และตรวจพบเชื้อราน้อยกว่า 1.00 log cfu/g (10 cfu/g) ตั้งแต่วันที่ 9 จนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์มีไม่เพียงพอ และ/หรือค่าความเป็นกรดด่างลดลงทำให้ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา

มังคุดคัดมีปริมาณเชื้อราไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) (น้อยกว่า 2.70 log cfu/g หรือ 5×10^2 cfu/g)

ยีสต์ จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ในมังคุดคัดระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการใช้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณยีสต์ของเนื้อมังคุดคัด โดยการเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งเป็นชุดควบคุมมีปริมาณยีสต์สูงกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ($P<0.05$) แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณยีสต์ของเนื้อมังคุดคัดในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด (ตารางภาคผนวกที่ 8)

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า ปริมาณยีสต์ของเนื้อมังคุดคัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในทุกชุดการทดลองในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณยีสต์ 1.18 log cfu/g (1.50 x 10 cfu/g) และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ตรวจพบยีสต์ประมาณ 5.15-6.72 log cfu/g (1.40×10^5- 5.25×10^6 cfu/g) ซึ่งมีปริมาณยีสต์เกินเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) (น้อยกว่า 4.00 log cfu/g) (10^4 cfu/g) และจากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ในมังคุดคัด พบว่า การเก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสองระดับความเข้มข้นในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี สามารถยืดอายุมังคุดคัดได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น แต่มีปริมาณยีสต์เกินมาตรฐานในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงตัดสินใจให้มังคุดคัดมีอายุการเก็บรักษาในสภาวะดังกล่าวเพียง 9 วัน

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียแลกติก ยีสต์และรา พบว่าสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่มีการลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนร่วมกับการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ดีกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ เพราะเมื่อมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำลงส่งผลให้กระบวนการหายใจของจุลินทรีย์เกิดได้น้อยลง ประกอบกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้ lag phase ของจุลินทรีย์ยืดขยายออกไปได้ และเมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะสามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลไม้ลดลง ดังนั้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลงหรือจุลินทรีย์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Faber, 1991)

สำหรับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรีย แลกติก ยีสต์และราในเนื้อมังคุดคัด อาจเป็นไปได้ว่าถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนแม้จะมีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี แต่อาจไม่แตกต่างกันมากพอที่จะมีผลทำให้แก๊สออกซิเจนจากบรรยากาศภายนอกซึม

ผ่านเข้ามาภายในถุงพลาสติก และ/หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากภายในถุงพลาสติกซึมผ่านออกไปยังบรรยากาศภายนอกต่างกันมากนัก ดังนั้น จึงไม่ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวข้างต้นแตกต่างกัน และจากการสังเกตพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียแลกติก และยีสต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากไอน้ำในบรรจุภัณฑ์สามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ทำให้มีการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจึงเกิดการเน่าเสียได้ง่ายขึ้นนั่นเอง

จุลินทรีย์ก่อโรค

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญและมักพบในอาหารพร้อมบริโภค ได้แก่ *Listeria monocytogenes, Salmonella* sp., *Shigella* sp., *S. sonnei, Escherichia coli* สายพันธุ์ O157:H7, *Aeromonas hydrophila, Yercinia enterocolitica, Staphylococcus aures, Cyclospora cayetanensis*, Hepatitis A virus และ Norwork virus (Lamikanra, 2002; Lanciotti *et al.*, 2004) และสำหรับประเทศไทยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารพร้อมบริโภคไว้ว่า เชื้อ *E. coli* ต้องพบได้ไม่เกิน 10 MPN/กรัม และต้องตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp.

ผลการทดลองครั้งนี้พบปริมาณเชื้อ *E. coli* น้อยกว่า 3 MPN/กรัม และไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp. ในเนื้อมังคุดคัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ในทุกชุดการทดลอง แสดงว่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของตัวผลิตผล และจากการดัดแปลงบรรยากาศอาจมีผลไปยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ และ/หรือไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในวัตถุดิบ ระหว่างกระบวนการตัดแต่ง และการบรรจุ หรือหากมีการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการดังกล่าวข้างต้น เชื้อ *Salmonella* sp. และ *E. coli* ก็ไม่สามารถเจริญได้ เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของมังคุดคัดประมาณ 3.30-3.31 ส่งผลให้การเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคจะถูกจำกัดเมื่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตผลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.5 (Bhagwat *et al.*, 2004)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่าสี ความแน่นเนื้อ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากคะแนนการยอมรับด้านสี ความแน่นเนื้อ และการยอมรับรวม พบว่า สภาวะบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัดที่อุณหภูมิ 10°ซ คือ สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า การเก็บรักษามังคุดคัดภายใต้สภาวะดังกล่าวในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี สามารถยืดอายุมังคุดคัดได้นานกว่าการใช้ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน โดยสามารถเก็บรักษามังคุดคัดได้นานถึง 9 วัน และมีปริมาณยีสต์ 3.78

log cfu/g (6 x 10^3cfu/g) เชื้อราน้อยกว่า 1 log cfu/g และเชื้อ *E. coli* น้อยกว่า 3 MPN/กรัม ซึ่งมีปริมาณไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp ในขณะที่การเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนมีปริมาณยีสต์เกินเกณฑ์มาตรฐานในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ควรเลือกใช้ในการเก็บรักษามังคุดคือ ถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี และเมื่อพิจารณาว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2536) จึงนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สต่อไป

ตารางที่ 9 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเนื้อมังคุดคัดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 10°ซ

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

Packaging material	Gas mixture	Storage time (day)					
		0	3	6	9	12	15
Total viable count (log cfu/g)							
PP	15%O_2+10%CO_2+75%N_2	3.90^{aC}	4.50^{bC}	5.68^{bC}	5.92^{bC}	6.74^{bB}	7.11^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+70%N_2	3.92^{aD}	4.27^{cD}	5.42^{cCD}	5.89^{bC}	6.69^{bB}	7.00^{cA}
	Air	3.94^{aD}	4.84^{aD}	5.94^{aD}	7.03^{aC}	7.31^{aB}	8.47^{aA}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+75%N_2	3.90^{aD}	4.34^{bD}	5.69^{bCD}	5.91^{bC}	6.67^{bB}	7.02^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+70%N_2	3.89^{aC}	4.31^{bC}	5.35^{cC}	5.81^{bC}	6.52^{cB}	7.00^{bA}
	Air	3.91^{aD}	4.78^{aD}	5.90^{aD}	7.01^{aC}	7.24^{aB}	8.41^{aA}
Lactic acid bacteria (log cfu/g)							
PP	15%O_2+10%CO_2+75%N_2	1.18^{aE}	2.00^{bD}	3.54^{bD}	5.45^{bC}	6.45^{bB}	6.56^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+70%N_2	1.24^{aC}	1.70^{bB}	3.10^{cB}	4.83^{cB}	6.20^{cA}	6.24^{bA}
	Air	1.18^{aC}	2.74^{aC}	4.29^{aC}	5.90^{aC}	7.11^{aB}	7.94^{aA}
Nylon/ LLDPE	15%O_2+10%CO_2+75%N_2	1.24^{aD}	2.00^{bC}	3.48^{bC}	5.41^{bC}	6.33^{bB}	6.47^{bA}
	15%O_2+15%CO_2+70%N_2	1.24^{aD}	1.70^{bC}	3.02^{bC}	4.79^{cC}	6.18^{bB}	6.24^{bA}
	Air	1.24^{aC}	2.57^{aC}	4.21^{aC}	5.74^{aC}	7.00^{aB}	7.83^{aA}

(cont.)

Packaging material	Gas mixture	Storage time (day) 0	3	6	9	12	15
Mould (log cfu/g)							
PP	$15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$	1.24^{bB}	1.30^{bA}	1.18^{bB}	<1.00	<1.00	<1.00
	$15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$	1.18^{bA}	1.24^{bA}	1.18^{bA}	<1.00	<1.00	<1.00
	Air	1.65^{aB}	1.78^{aA}	1.35^{aC}	<1.00	<1.00	<1.00
Nylon/ LLDPE	$15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$	1.22^{bA}	1.24^{bA}	1.18^{aA}	<1.00	<1.00	<1.00
	$15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$	1.10^{bAB}	1.18^{bA}	1.11^{aB}	<1.00	<1.00	<1.00
	Air	1.63^{aB}	1.72^{aA}	1.24^{aC}	<1.00	<1.00	<1.00
Yeast (log cfu/g)							
PP	$15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$	1.18^{aC}	2.30^{bC}	3.48^{bC}	4.08^{bC}	4.50^{bB}	5.34^{bA}
	$15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$	1.18^{aD}	2.00^{cD}	3.35^{bD}	4.04^{bC}	4.08^{cB}	5.32^{bA}
	Air	1.18^{aD}	3.52^{aD}	4.57^{aD}	5.46^{aC}	5.75^{aB}	6.72^{aA}
Nylon/ LLDPE	$15\%O_2+10\%CO_2+75\%N_2$	1.18^{aD}	2.34^{bD}	3.44^{bD}	3.78^{bC}	4.24^{bB}	5.21^{bA}
	$15\%O_2+15\%CO_2+70\%N_2$	1.18^{aC}	1.85^{bC}	3.30^{bC}	3.78^{bC}	4.20^{bB}	5.15^{bA}
	Air	1.18^{aC}	3.40^{aC}	4.58^{aC}	5.08^{aC}	5.62^{aB}	6.63^{aA}

ตัวอักษร a,b... ที่เหมือนกันในวันเดียวกันและบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P<0.05$)

ตัวอักษร A,B... ที่เหมือนกันในวันต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$)

* ND mean not detectable

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

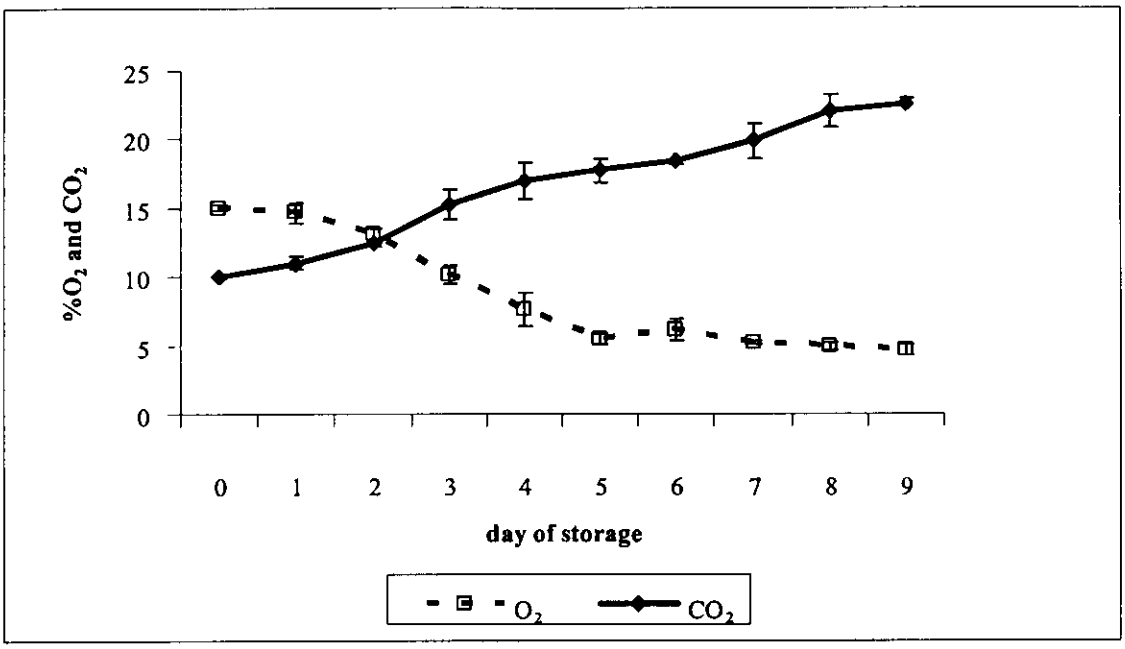
A,B... with the same subscripts in the different days are not significantly different among storage time ($P>0.05$)

4. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์

จากการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัดที่ผ่านการตัดแต่งและแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกร้อยละ 0.50 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 (w/v) (น้ำหนักประมาณ 200 กรัม/ถาด) ที่อุณหภูมิ 10°ซ พบว่า สภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนร้อยละ 15 ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี สามารถยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคัดได้นานถึง 9 วัน ดังนั้นจึงใช้สภาวะการบรรจุดังกล่าวมาเป็นตัวอย่างในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 25 พบว่า ระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีระดับความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของแก๊สที่บรรจุเข้าไปในตอนเริ่มต้น (แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15.00 และ 10.00 ตามลำดับ) และเมื่อทำการเก็บรักษาต่อไป พบว่า ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่แก๊สออกซิเจนลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสารอาหารในผลิตผลที่สำคัญ ได้แก่ น้ำตาล และกรดอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบกับมีการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถใช้สารอาหารจากผลิตผลเป็นสารตั้งต้นในการสร้างพลังงานแล้วเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้เช่นกัน

หลังจากวันที่ 5 ของการเก็บรักษา พบว่า ระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ประมาณร้อยละ 5 จนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีระดับความเข้มข้นร้อยละ 22.56 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของยีสต์ที่เพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 9) เพราะการหายใจของยีสต์เกิดขึ้นได้ในสภาวะไร้อากาศ (anaerobic respiration) ไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน และสามารถผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นจึงส่งผลให้ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น และในกระบวนการดังกล่าวยีสต์สามารถผลิตเอทานอล กรดอินทรีย์ และสารประกอบเอสเทอร์ที่ระเหยได้ (Jacxsens *et al.*, 2001; Abbott *et al.*, 2004; Samigyi *et al.*, 1996; Jacxens *et al.*, 2003) จึงส่งผลให้เกิดกลิ่นผิดปกติต่อผลิตภัณฑ์มังคุดคัด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาพที่ 23) และพบว่าการเกิดกลิ่นผิดปกติของมังคุดคัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกสภาวะการทดลอง



ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในถุงพลาสติกไนลอน/แอลแอลดีพีอี ซึ่งบรรจุมังคุดคัดน้ำหนัก 200 กรัม/ถาด ภายใต้สภาวะที่มีแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับที่อุณหภูมิ 10°ซ

บาร์ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

Change in O_2 and CO_2 levels of fresh-cut unripe mangosteen within nylon/LLDPE bag with O_2 and CO_2 levels as 15 and 10% respectively, at 10°C

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