วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 32:2 (32-40)

ผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยไข่

Effects of Ascorbic Acid and Blanching on Browning Inhibition of 'Kluai Khai' Banana Syrup

สุริยัณห์ สุภาพวานิช[1*] พัชรี บุญมี[1] และ วาสนา ทองวัดเพ็ง[1]

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อลักษณะปรากฏของไซรัปกล้วย วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก การลวก และการลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก ต่อคุณภาพและการยับยั้งสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยไข่ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ชุดควบคุม กลุ่มที่ 2 กรดแอสคอร์บิกร้อยละ 1 โดยการผสมลงไปในน้ำตาล กลุ่มที่ 3 การลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที และกลุ่มที่ 4 การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 1 ผลการทดลองพบว่าการลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกสามารถเพิ่มปริมาตรไซรัปกล้วยมากกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยชุดควบคุมให้ปริมาตรไซรัปน้อยที่สุด การใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งมีค่าประมาณ 43 °Brix การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกให้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่คืนกลับมา (RSS) สูงที่สุด และพบว่าชุดควบคุมมีค่า RSS ต่ำที่สุด การใช้กรดแอสคอร์บิกส่งผลให้ค่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น และค่า pH ลดต่ำลง ปริมาณอัตราส่วนของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างที่ทำการลวกเพียงอย่างเดียวมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือชุดควบคุม การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก และ การใช้กรดแอสคอร์บิก ตามลำดับ การใช้การลวกและกรดแอสคอร์บิกสามารถรักษาความสว่างของไซรัปกล้วยได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกให้ค่าความสว่างสูงสุด พบว่าค่าสีแดง (a^*) และค่าความเข้มของสี (C^*) สูงที่สุดในไซรัปกล้วยที่ใช้กรดแอสคอร์บิก และค่า a^* และ C^* ในไซรัปที่ใช้การลวกและ การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกมีค่าต่ำ ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉดสี ($°H$) ในทุกชุดทดลอง การใช้การลวก และการลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างชัดเจน และพบว่าการลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกให้ค่าความใสในไซรัปกล้วยสูงที่สุด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุด สรุปได้ว่าการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกเป็นวิธีที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและปรับปรุงคุณภาพของไซรัปกล้วยไข่

คำสำคัญ: ไซรัปกล้วยไข่ การเกิดสีน้ำตาล กรดแอสคอร์บิก การลวก

Abstract

Browning is a major problem affecting visual quality of banana syrup. The purpose of this work was to determine the effects of ascorbic acid, blanching and blanching incorporated with ascorbic acid use on quality and browning inhibition of 'Kluai Khai' banana syrup. The experiment was divided into 4 treatments; the first was control, the second was 1% ascorbic acid use by mixing into sugar, the third was blanching at 80°C for 6 min and the last one was blanching incorporated with 1% ascorbic acid use. Blanching incorporated with 1% ascorbic acid treatment increased the yield percentage of the syrup higher than other treatment ($P< 0.05$), whilst the lowest yield percentage was found in the control. All treatment had no effect on total soluble solids (TSS) content which it was about 43 °Brix. The highest recovery soluble solids (RSS) content was found in blanching incorporated with and reduced pH of the

[1] สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกรุงเทพฯ 10520
[*] Corresponding author: kusuriya@kmitl.ac.th

syrup. The highest TSS/TA ratio was detected in blanching treatment following with control, blanching incorporated with ascorbic acid and ascorbic acid, respectively. Blanching and ascorbic acid treatment 1% ascorbic acid treatment and the lowest was found in the control. The use of ascorbic acid increased total acidity could maintain brightness rather than the control which the highest brightness was found in blanching incorporated with ascorbic acid treatment. Ascorbic acid use increased a^* value and chroma higher than other treatment and a^* values of blanching and blanching incorporated with ascorbic acid treatments were low. No significant difference in hue angle was found in all treatments. Blanching and blanching incorporated with ascorbic acid evidently inhibited both browning index and browning intensity. The highest clarity of the syrup was detected in blanching incorporated with ascorbic acid treatment and the lowest clarity was found in the control. In conclusion, blanching incorporated with ascorbic acid improved quality including browning inhibition of 'Kluai Khai' banana syrup.

Keywords: 'Kluai Khai' banana syrup, browning, ascorbic acid, blanching

คำนำ

กล้วย (*Musa sapientum* Linn.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่รู้จักกันมานาน และเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมกันทั่วโลก และมีความเชื่อกันว่ากล้วยเป็นผลไม้ชนิดแรกที่คนปลูกเอาไว้เพื่อเป็นอาหาร ถิ่นกำเนิดกล้วยอยู่ในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีการแพร่กระจายไปทั่วโลก (เบญจมาศ, 2545) ในประเทศไทยมีการปลูกกล้วยเพื่อเป็นการบริโภคและการค้าหลายชนิด ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำหว้า กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนาง เป็นต้น ถ้ากล่าวถึงคุณค่าทางโภชนาการกล้วยเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งวิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี กลุ่มวิตามินบี และยังเป็นแหล่งโพแทสเซียมที่สำคัญ (เบญจมาศ, 2545) กล้วยนอกจากเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคสด ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน น้ำกล้วย ทอฟฟี่กล้วย ข้าวเกรียบกล้วย พิวเร่กล้วย กล้วยผง และไซรัปกล้วย (มะลิวัลย์, 2554) ทำให้ปริมาณการปลูกและการบริโภคกล้วยมีมาก ในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการที่กล้วยสุกงอมระหว่างการจำหน่าย ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และทำให้เกิดการเหลือทิ้งกล้วยสุกงอมเป็นจำนวนมาก การนำกล้วยสุกงอมมาแปรรูป เป็นวิธีการที่ช่วยลดการเหลือทิ้งและเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด การแปรรูปไซรัปกล้วยเป็นวิธีการหนึ่งที่นำกล้วยเหลือทิ้งมาแปรรูป เนื่องจากกล้วยสุกมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคสที่สูง (มะลิวัลย์, 2554) จึงเหมาะที่จะนำมาแปรรูปเป็นไซรัป ลักษณะโดยทั่วไปไซรัปกล้วย มีรสหวานจัดอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีสีน้ำตาลคล้ายน้ำผึ้ง มีกลิ่นหอมหวานจากกล้วย มักถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมไอศกรีม ขนมอบ และเครื่องดื่ม นอกจากนี้ถ้านำมาทำให้เข้มข้นขึ้นถึง 70 °Brix สามารถนำมาใช้บริโภคในรูปแบบเดียวกับน้ำผึ้งหรือแยม ในปัจจุบันไซรัปกล้วยได้รับความนิยมและมีการใช้เทคโนโลยีต่างเข้ามาเช่นการใช้การสกัดด้วยเอนไซม์ (Tadakittisarn *et al.*, 2007) และการใช้วิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องแยกเนื้อแยกกาก ในกระบวนการแปรรูปเชิงอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีกระบวนการแปรรูปไซรัปกล้วยด้วยวิธีพื้นบ้าน โดยการใช้การหมักกล้วยด้วยน้ำตาลในอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำตาลทราย 3: 1 โดยน้ำในกล้วยจะไหลออกมาจากเนื้อเยื่อกล้วยด้วยหลักการออสโมซีส ทำให้ได้ไซรัปกล้วยที่มีลักษณะข้นหนืด มีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นกล้วย และเก็บรักษาได้นานเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (มะลิวัลย์, 2554) แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบในกระบวนผลิตไซรัปกล้วยด้วยวิธีนี้คือ การเกิดสีน้ำตาลเข้มของไซรัป ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสกับสารประกอบฟีนอลในกล้วย ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีออกซิเจน ทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล ที่เรียกว่า Melanin นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยอาจเกิดได้จากปฏิกิริยาเมลาด (Maillard browning reaction) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของโปรตีนและน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

ในกล้วย ซึ่งได้มีงานวิจัยหลายชิ้นได้ทำการศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วย สิริรัฐ (2546) ได้ทำการศึกษาการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับการใช้ความร้อนในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยตาก พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิก ร่วมกับความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีสามารถควบคุมการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการศึกษาการใช้ความร้อนในการลวกกล้วย พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส นาน 22 นาทีสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยทอดกรอบได้ (Jackson *et al.*, 1996) จากการศึกษาของ Özoglu and Bayındırlı (2002) พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในน้ำแอบเปิ้ลชนิดขุ่นได้ จากการสืบค้นพบว่าส่วนใหญ่งานวิจัยเกี่ยวกับไซรัปกล้วยมักทำการศึกษาในกล้วยหอม ซึ่งการศึกษาในกล้วยไข่ยังมีอยู่น้อย และในท้องตลาดมีกล้วยไข่สุกงอมเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก จึงได้ทำการศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกต่อคุณภาพและการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปจากกล้วยไข่สุกงอมที่แปรรูปด้วยวิธีการพื้นบ้าน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

กล้วยไข่สุกงอม โดยสังเกตจากเปลือกกล้วยมีการตกกระ และผลกล้วยเริ่มหักออกจากหวี
น้ำตาลทราย
กล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท
กรดแอสคอร์บิก

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 กระบวนการแปรรูปไซรัปกล้วย

นำกล้วยไข่สุกงอม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาทิ้งให้แห้ง จากนั้นทำการปอกเปลือก หั่นกล้วยตามขวางหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร นำกล้วยที่หั่น 300 กรัม มาใส่ในกล่องพลาสติกที่ทำการลวกน้ำร้อนแล้ว เติมน้ำตาลทราย 100 กรัม โดยเทให้กลบกล้วย ทำการปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปเก็บในตู้เย็น 4±1 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน จากนั้นทำการรองแยกของเหลวและเนื้อกล้วย นำไซรัปที่ได้ไปทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำการบรรจุในขวดพลาสติกขณะร้อนและปิดฝาทันที และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

2.2 การศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิก และการลวก

ทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 ได้แก่ชุดควบคุม (control) (ไซรัปกล้วยจากการแปรรูปตามข้อ 2.1) ชุดการทดลองที่ 2 ทำการผสมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 1 ลงไปในน้ำตาลที่ใช้ในการแปรรูปไซรัปกล้วย (AsA) ชุดการทดลองที่ 3 นำกล้วยไปลวกด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำมาแปรรูป (B) และ ชุดการทดลองที่ 4 การนำวิธีการลวกตามชุดการทดลองที่ 3 ร่วมกับการใช้กรดแอสคอร์บิกตามชุดการทดลองที่ 2 (AsA+B) ทำการทดลองชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

3. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

3.1 การตรวจวัดปริมาตร และคุณภาพทางเคมีกายภาพ

ร้อยละปริมาตรไซรัปกล้วย (% yield) ที่ได้ โดยประเมินจากปริมาตรสารละลายไซรัปสุดท้ายที่ได้จากน้ำหนักกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการแปรรูป ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ตรวจสอบโดยใช้ Hand refractometer (Atago, Japan) ปริมาณการกลับคืนมาของของแข็งที่ละลายได้ (RSS) คำนวณจากสมการของ Al-Hooti *et al.* (2002) (1) ปริมาณกรดทั้งหมดทำการทดสอบด้วยวิธีการไทเทรตตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) ค่าความเป็นกรด-ด่างทำการทดสอบโดย pH meter สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมด (TSS/TA ratio) คำนวณตามสมการ (2)

$$RSS = \frac{\text{ปริมาตรไซรัปที่ได้ (mL) x TSS}}{\text{น้ำหนักกล้วย}} \quad (1)$$

TSS/TA ratio = ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) / ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) (2)

3.2 การตรวจวัดสี และความใส

การวัดสีโดยใช้เครื่อง Minolta CR-200 refractance colorimeter โดยแสดงค่า ความสว่าง (L^*) ค่าสีแดงและสีเขียว (a^*) และค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b^*) นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นค่ามุมเฉดสี (hue angle) ค่าความเข้มของสี (chroma) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) ตามวิธีการของ Palou *et al.* (1999) ค่าความเข้มของสีน้ำตาล ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง 420 นาโนเมตร (Supapvanich *et al.*, 2011) ค่าความใสของไซรัป ทำการทดสอบโดยทำการวัดค่าการผ่านของแสง (transmittance) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร (Youn *et al.*, 2004)

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบทั้งหมด โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ปริมาตรและคุณภาพทางเคมีของไซรัปกล้วยไข่

การใช้กรดแอสคอร์บิก การลวก และการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก สามารถเพิ่มปริมาตรของไซรัปกล้วยไข่ได้มากกว่าตัวอย่างชุดควบคุม ปริมาตรของไซรัปที่ได้จากชุดทดลองที่มีการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกมีค่าสูงสุดคือ 60% รองลงมาคือ การใช้กรดแอสคอร์บิก (47%) การลวก (30%) และชุดควบคุม (21%) ตามลำดับ (Figure 1) จากการศึกษาของ Gerrard and Roberts (2004) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากการใช้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสามารถเพิ่มปริมาณน้ำแอปเปิ้ลในกระบวนการสกัด ซึ่งเป็นผลมาจากจากการที่เนื้อเยื่อถูกทำลายด้วยความร้อน ในการศึกษาครั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาตรไซรัปกล้วยเนื่องจากการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกอาจเป็นผลมาจากการโครงสร้างเนื้อเยื่อกล้วยถูกทำลายด้วยกรดและความร้อน ทำให้โครงสร้างของเนื้อเยื่อกล้วย อุ้มน้ำได้น้อย และน้ำในเนื้อกล้วยไหลออกมามากกว่าชุดควบคุม และพบว่าการใช้การลวกร่วมกับการใช้กรดแอสคอร์บิกทำให้ปริมาณไซรัปกล้วยที่ได้สูงกว่าชุดการทดลองอื่น จากผลการทดลองที่แสดงใน Table 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 41-44 °Brix การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่คืนกลับมา (RSS) มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น คือ 26.38 °Brix รองลงมาคือ การใช้กรดแอสคอร์บิก การลวก และชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งค่าได้ได้สอดคล้องกับปริมาตรของไซรัปที่ได้ ปริมาณกรดทั้งหมดในไซรัปกล้วยไข่อยู่ในช่วงร้อยละ 0.19-0.35 ในไซรัปกล้วยที่มีการใช้กรดแอสคอร์บิกมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าไซรัปกล้วยที่ไม่ใช้กรด โดยไซรัปกล้วยที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.19-0.24 ในขณะที่ไซรัปกล้วยที่มีการใช้กรดมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.34-0.35 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าไซรัปกล้วยที่ไม่ใช้กรดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.3 - 5.4 ในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้กรดแอสคอร์บิกมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าคือ ประมาณ 4.7-4.8 เมื่อนำค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดทั้งหมดมาคำนวณค่าสัดส่วน TSS/TA พบว่า ไซรัปกล้วยที่ใช้การลวกมีค่า TSS/TA สูงที่สุด รองลงมาคือ ชุดควบคุม การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก และการใช้กรดแอสคอร์บิกตามลำดับ

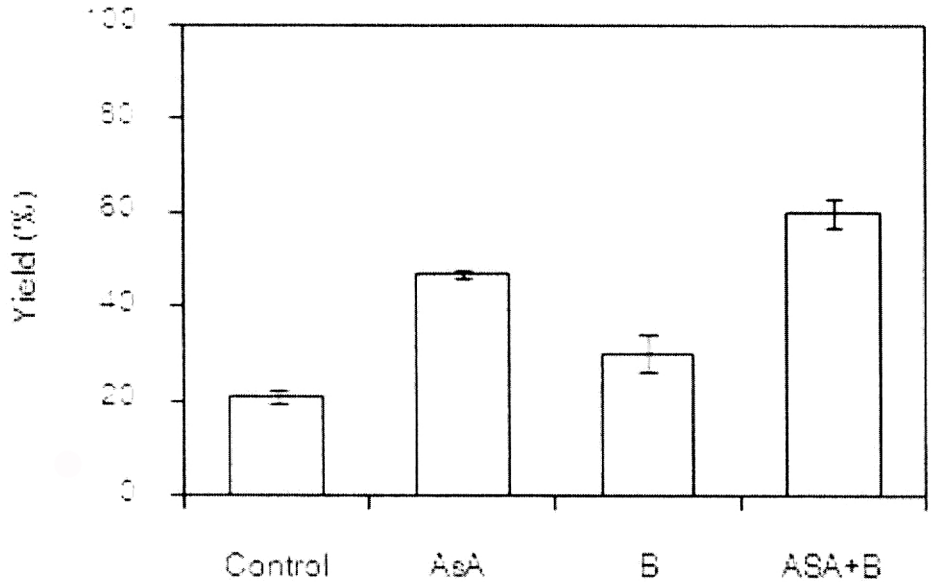

Figure 1 Yield percentage (%) of 'Kluai Khai' banana syrup treated with ascorbic acid and/or blanching. Each bar represents the mean ± standard deviation of the results from three replicates.

Table 1 Total soluble solids, recovered soluble solids, total acidity, pH and TSS/TA ratio of 'Kluai Khai' banana syrup treated with ascorbic acid and/or blanching.

Treatment	TSS (°Brix)	RSS (°Brix)	TA (%)	pH	TSS/TA ratio
Control	44.3 ± 0.6	9.17 ± 0.80 d	0.24 ± 0.03 b	5.54 ± 0.12 a	185.5 ± 23.0 a
AsA	41.7 ± 1.1	19.49 ± 0.61 b	0.35 ± 0.01 a	4.78 ± 0.02 b	118.4 ± 6.93 c
B	40.7 ± 0.3	12.24 ± 1.56 c	0.19 ± 0.01 b	5.30 ± 0.01 a	209.4 ± 13.62 a
AsA+B	44.0 ± 1.0	26.38 ± 0.75 a	0.34 ± 0.02 a	4.69 ± 0.05 b	130.7 ± 8.85 b

Difference letters in the same column indicate significant differences at $P < 0.05$.

2. สีของไซรัปกล้วย

การใช้กรดแอสคอร์บิก การลวก และการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก มีผลช่วยเพิ่มค่าความสว่างของไซรัปกล้วย ดังแสดงใน Figure 2 A การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกทำให้ไซรัปกล้วยมีค่าความสว่างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 48 รองลงมาคือไซรัปกล้วยที่ใช้การลวก การใช้กรดแอสคอร์บิก และชุดควบคุมตามลำดับ ชุดควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 45 ค่าสีแดง-เขียว จากค่าที่ได้ ค่า a^* เป็นบวกแสดงถึงสีแดง ไซรัปกล้วยที่มีการใช้กรดแอสคอร์บิกมีค่าสีแดงสูงที่สุดคือ 0.58 ในขณะที่ค่าสีแดงของไซรัปที่ใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.05 และค่าสีแดงของไซรัปที่ลวกและชุดควบคุมมีค่าเท่ากันคือ 0.13 (Figure 2B) ค่าเฉดสี (hue angle) ของไซรัปกล้วยอยู่ในช่วงสีแดง ดังแสดงใน Figure 2 C ไซรัปชุดควบคุมมีค่ามากที่สุด คือ 1.54 และไซรัปกล้วยที่ใช้การลวกมีค่าต่ำที่สุดคือ 1.19 ในขณะที่ไซรัปที่มีการใช้กรดแอสคอร์บิกทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่าเท่ากัน ค่าความเข้มของสี (chroma, C^*) ของไซรัปที่ใช้กรดแอสคอร์บิกมีค่าสูงกว่าไซรัปตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 5.2 รองลงมาคือไซรัปชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 3.9 ไซรัปที่ใช้การลวก มีค่าเท่ากับ 1.5 และ ไซรัปที่ใช้การลวกร่วมกับ

กรดแอสคอร์บิกมีค่าต่ำที่สุดคือ 1.3 (Figure 2 D) จาก Figure 3 แสดงถึงดัชนีสีน้ำตาลและความเข้มของสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกัน พบว่าไซรัปที่ใช้กรดแอสคอร์บิกมีค่าดัชนีสีน้ำตาลและความเข้มของสีน้ำตาลสูงกว่าการทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 12.6 และ 3.0 รองลงมาคือไซรัปชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 9.1 และ 2.4 ไซรัปที่มีการใช้การลวก มีค่าเท่ากับ 3.8 และ 1.0 และไซรัปที่มีการใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิก มีค่าเท่ากับ 3.0 และ 1.0 ตามลำดับ จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าลักษณะสีที่มีความสำคัญต่อการเกิดสีน้ำตาลไซรัปกล้วย ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และ ค่าความเข้มสี ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Naknean *et al.* (2009) และ Phaichamnan *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a*) สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลในน้ำตาลจากตาลโตนด (*Borassus flabellifer* L.) ซึ่งการใช้กรดแอสคอร์บิกเพียงอย่างเดียวไม่ได้ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปกล้วย กลับทำให้ค่าสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยมีค่าสูงกว่าชุดทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มของสีและค่าสีแดงที่สูงที่สุด ในขณะที่การใช้การลวกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดี กว่าการใช้กรดแอสคอร์บิก เป็นที่ทราบกันดีว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เป็นปฏิกิริยาหลักที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในกล้วย (Chaisakdanukull *et al.*, 2007) ในกล้วย จากการทดลองผลความร้อนจากการลวกสามารถทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสซ์ ส่งผลให้ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว จากการทดลองของ Jackson *et al.* (1996) การลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 69 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที ก่อนนำไปทอด สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยทอดกรอบได้ และจากการศึกษาการใช้กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ร่วมกับการใช้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยตากได้อย่างมีประสิทธิภาพ (**สิริรัฐ**, 2546) และสอดคล้องกับผลการทดลองในการทดลองนี้ ซึ่งการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับการลวก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และช่วยเพิ่มค่าความสว่างในไซรัปกล้วยไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความใสของไซรัปกล้วย

จากผลการทดลองใน Figure 4 ค่าความใสของไซรัปกล้วย จากการวัดค่าการผ่านของแสง (transmittance) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร พบว่าไซรัปกล้วยชุดควบคุมมีค่าความใสน้อยที่สุดคือ 25.3 ค่าความใสของไซรัปกล้วยที่ใช้การลวกร่วมกับการใช้กรดแอสคอร์บิกมีค่าสูงที่สุดคือ 79.0 รองลงมาคือการลวกเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 73.4 และการใช้กรดแอสคอร์บิก มีค่าเท่ากับ 47.0 จากการศึกษาของ Naknean *et al.* (2009) พบว่าความข่นของน้ำตาลตโนด (palm sugar syrup) แปรผันโดยตรงกับปริมาณโปรตีนในน้ำตาล ซึ่งน่าจะให้ผลเช่นเดียวกับในไซรัปกล้วย นอกจากนี้ปริมาณแป้งในกล้วยน่าจะมีผลโดยตรงต่อความข่นของไซรัปจากกล้วย เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่มีแป้งสุก ถึงแม้จะสุกงอม แป้งในกล้วยทั้งหมดไม่ได้ย่อยสลายเป็นน้ำตาล ซึ่งส่งผลให้เกิดความข่นในไซรัปกล้วยได้ ดังผลที่แสดงในไซรัปชุดควบคุม การใช้กรดแอสคอร์บิก อาจส่งผลช่วยให้เกิดการเสียสภาพและการตกตะกอนของโปรตีนในไซรัปกล้วย จึงส่งผลให้ค่าความใสมากกว่าไซรัปชุดควบคุม ส่วนการใช้ความร้อนหรือการลวก อาจทำให้เกิดการเสียสภาพของโครงสร้างแป้ง โดยการเกิดกระบวนการ gelatinization และการตกตะกอนของโปรตีนเนื่องจากความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ความใสของไซรัปกล้วยที่มีการลวกสูงกว่า ไซรัปกล้วยที่ไม่ผ่านการลวกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความใสของไซรัปมีความสัมพันธ์โดยตรงค่าความสว่าง (Phaichamnan *et al.*, 2010) จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความใสของไซรัปกล้วยสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างดังแสดงใน Figure 2 A

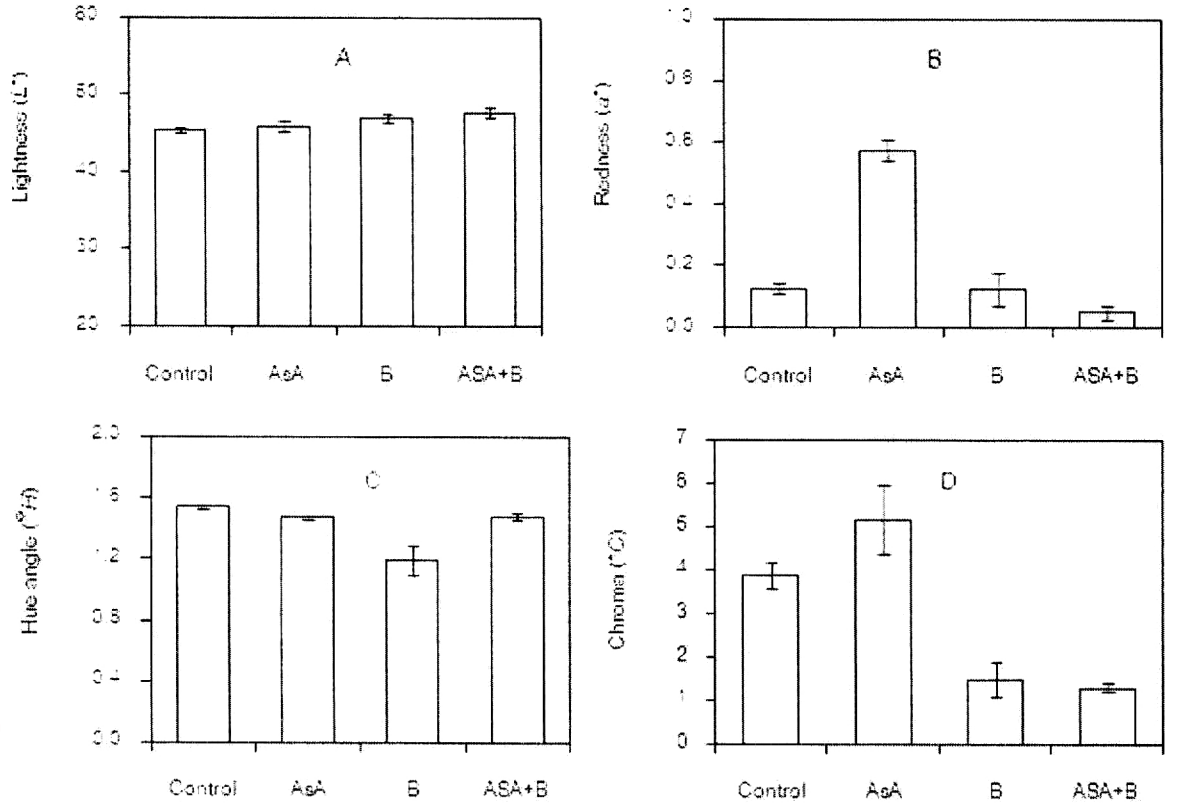

Figure 2 Brightness (L^* value), redness (a^* value), hue angle (^oH) and chroma (C^*) of 'Kluai Khai' banana syrup treated with ascorbic acid and/or blanching. Each bar represents the mean ± standard deviation of the results from three replicates.

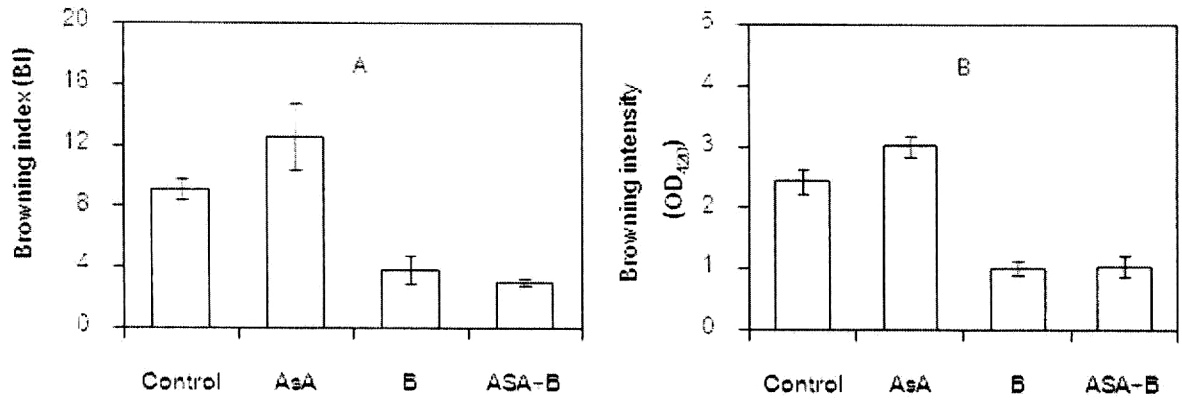

Figure 3 Browning index (BI) and browning intensity (OD_{420}) of 'Kluai Khai' banana syrup treated with ascorbic acid and/or blanching. Each bar represents the mean ± standard deviation of the results from three replicates.

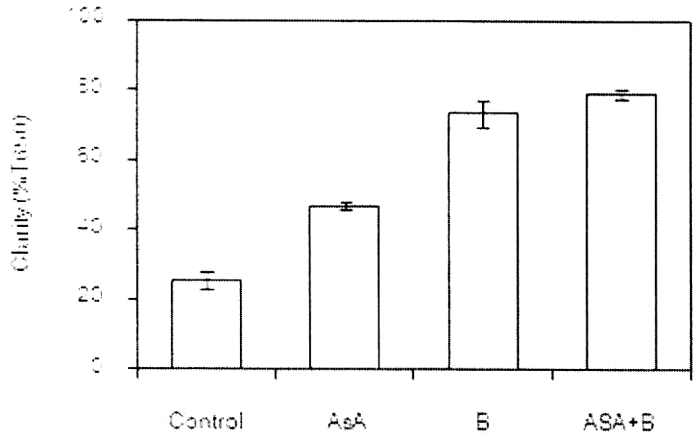

Figure 4 Clarity ($\%T_{650}$) of 'Kluai Khai' banana syrup treated with ascorbic acid and/or blanching. Each bar represents the mean ± standard deviation of the results from three replicates.

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกสามารถเพิ่มปริมาตรไซรัปกล้วยไข่ได้มากกว่าชุดควบคุม ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกเพิ่มปริมาตรไซรัปกล้วย และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่คืนกลับมาได้สูงที่สุด การใช้กรดแอสคอร์บิกมีผลในการเพิ่มปริมาณกรดทั้งหมดและการลดลงของความเป็นกรด-ด่าง ในไซรัปกล้วยไข่ ค่าสีแดง ค่าความเข้มสี ค่าความสว่าง และความใส เป็นปัจจัยสำคัญต่อลักษณะสีน้ำตาลในไซรัปกล้วย การใช้การลวกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและเพิ่มความใส ในไซรัปกล้วยไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. โอเอส พริ้นติ้งเฮาส์ม กรุงเทพฯ

มะลิวัลย์ ไชยโย. 2554. การเปรียบเทียบคุณภาพของไซรัปกล้วยที่ผลิตจากน้ำตาลทรายและน้ำตาลอ้อย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สิริรัฐ สุดประเสริฐ. 2546. การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วย (*Musa sapientum* L.) ตาก. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Al-Hooti. S. N., J.S. Sidhu, J. M. Al-Sager and A. Al-Othman. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulose enzyme treatment. Food Chem. 79 : 215-220.

Chaisakdanugull, C., C. Theerakulkait and R.D. Wrolstad. 2007. Pineapple juice and its fractions in enzymatic browning inhibition of banana [Musa (AAA group) Gros Michel]. J. Agri. Food Chem. 55: 4252–4257.

Gerard, K. A. and Roberts, J. S. 2004. Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 37: 551–557.

Jackson, J. C., M. C. Bourne and J. Barnard. 1996. Optimization of Blanching for Crispness of Banana Chips Using Response Surface Methodology. J. Food Sci. 61: 165-166.

Naknean, P., M. Meenune and G. Roudaut. 2009. Changes in physical and chemical properties during the production of palm sugar syrup by open pan and vacuum evaporator. As. J. Food Ag-Ind. 2: 448-456.

Özoglu, A. and A. Bayındırlı. 2002. Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. Food Control. 13: 213-221.

Palou, E., A. López-Malo, G. V. Barbosa-Cánovas, J. Welti-Chanes and B. G. Swanson. 1999. Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. J. Food sci. 64: 42-45.

Phaichamnan, M., W. Posri and Meenune, M. 2010. Quality profile of palm sugar concentration produced in Songkhla province, Thailand. Int. Food Res. J. 17: 425-432.

Supapvanich, S., J. Pimsaga and P. Srisujan. 2011. Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangenese* [Blume] Merrill & L.M. Perry) during storage. Food Chem. 127: 912-917.

Tadakittisarn, S., V. Haruthaithanasan., P. Chompreeda and T. Suwonsichon. 2007. Optimization of pectinase enzyme liquefaction of banana 'Gros Michel' for banana syrup production. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 41: 740-750.

Youn, K.-S., J.-H. Hong, D.-H. Bae, S.-J. Kim and S.-D. Kim. 2004. Effective clarifying process of reconstituted apple juice using membrane filtration with filter-aid pretreatment. J. Mem. Sci. 228: 179-186.