



ผลของการใช้กรดซิตริกเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม

Effects of Using Citric Acid to Reduce Browning Reaction of Banana Blossom Milk Drink

กฤษฎา กาวิวงศ์* และ เบญญาทิพย์ สมบัติมา

Kritsda Kaweewong* and Benyatip Sombutma

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ประเทศไทย

Department of Agro-Industry, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand

*Corresponding author, E-mail: krikaweewong@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

มีรายงานการศึกษาการผลิตน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มก่อนหน้านี้ พบว่ามีความผันแปรของคุณภาพด้านสีของน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลของหัวปลีในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียล ทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกมี 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สภาวะควบคุม), 1 และ 3 โดยน้ำหนัก ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่หัวปลีมี 2 ระดับ คือ 5 และ 10 นาที ผลการทดลองพบว่า การแช่หัวปลีในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีค่าความสว่าง L^* สูงสุดแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับการศึกษาปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ พบว่ามีเฉพาะปัจจัยหลักคือความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเท่านั้น ที่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) ในหัวปลีหลังผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก ในขณะที่เมื่อนำหัวปลีมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มแล้ว ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัยและปฏิสัมพันธ์ มีผลต่อค่าสีทั้งค่า L^* , a^* และ b^* เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.75-2.26 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.29-0.63 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 11.07-11.47 องศา บริกซ์ ค่าพีเอช 3.50-3.70 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบไม่เกินตามมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 กำหนด และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตโดยผ่านการแช่หัวปลีในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที มีคะแนนด้านสีสูงที่สุด

คำสำคัญ: กรดซิตริก ปฏิกิริยาสีน้ำตาล น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม



Abstract

There is a previous study report of the production of banana blossom milk drink. It was found that the color quality of banana blossom milk drink varied due to the brown color of banana blossom in the raw material preparation process. The objective of this research is to study the effect of citric acid solution on reducing browning in banana blossom before being produced as a product of banana blossom milk drink. The Completely Randomized Design (CRD) by using Factorial in CRD were used to study the main factors and interactions affecting the reduction of browning in the banana blossom consisting of 2 Factors. Factor 1 showed the concentration of citric acid solution comprised 3 levels which are 0 (control) percent, 1 percent and 3 percent (W/W) respectively. Factor 2 showed there were 2 levels of the duration of soaking the banana blossom which were 5 and 10 minutes. The results showed that soaking the banana blossom in a citric acid solution at a concentration of 3 percent for 5 and 10 minutes could reduce the browning reaction the best, which resulted in the highest L^* brightness which was different from other experiments with statistical significance ($P < 0.05$). The study of the main factors and the combined effects found that only the main factor was the concentration of the citric acid solution, which affected the brightness (L^*) and blue-yellow (b^*) in the banana blossom after soaking the citric acid solution. While using the banana blossom to produce banana blossom milk drink, the two main factors and the influence affected the color values of both L^* , a^* and b^* . According to an analysis of chemical composition, it was found that the six treatments of banana blossom milk drink containing 1.75-2.26 percent protein, 0.29-0.63 percent fat, soluble solids content of 11.07-11.47 ° Brix, pH value 3.50-3.70. The amount of microbes detected did not exceed the standards set by the Ministry of Public Health No. 355. The sensory tests showed that the banana blossom milk drink which was produced by soaking the banana blossom in a 3% citric acid solution for 10 minutes had the highest color scores.

Keywords: citric acid, browning reaction, banana blossom milk drink

1. บทนำ

หัวปลีกล้วย คือ ดอกรวมที่มีกาบขนาดใหญ่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกเรียงตัวทับซ้อนกันแน่นเป็นรูปดอกบัวตูมทรงสูงแต่ดอกกล้วยที่แท้จริงก็คือส่วนที่เป็นหลอดสีเหลืองที่ติดและเรียงตัวอยู่รอบแกนขนาดใหญ่รวมกันเป็นช่อดอกแต่ละช่อจะถูกแบ่งกันด้วยกาบที่มีสีน้ำตาลแดงเป็นชั้น ๆ กล้วยหนึ่งดอกจะเจริญเป็นผลกล้วยเพียงหนึ่งผลกล้วยหนึ่งช่อก็คือกล้วยหนึ่งหวี และกล้วยหลาย ๆ หวีรวมกันเรียกว่ากล้วยหนึ่งเครือ หัวปลีกินได้ทั้งแบบดิบและสุกแบบดิบทำในรูปของผักเป็นเครื่องเคียง รสชาติฝาด ถ้านำไปปรุงสุก รสชาติจะนุ่มหวานเล็กน้อย (จันทกานต์ นุชสุข, 2561) ตั้งแต่โบราณสอนกันต่อ ๆ มาว่าผู้หญิงที่คลอดลูกใหม่ ๆ ให้รับประทานหัวปลีมาก ๆ จะได้มีน้ำนมให้เลี้ยงลูกนาน ๆ เป็นความเชื่อที่ยังได้ผลกันอยู่จนถึงปัจจุบัน ส่วนสาเหตุที่เพิ่มน้ำนมได้อาจเป็นเพราะอุดมไปด้วยแคลเซียม โปรตีน ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามินซี เบต้า-แคโรทีน รายการอาหารที่เรียกน้ำนม ถ้านั้นหัวปลี เช่น ลวกจิ้มกับน้ำพริก ยำหัวปลี



ทอดมันหัวปลี หัวปลีชุบแป้งทอด แกงเลียงหัวปลี และหัวปลีต้มกระดูกหมู เป็นต้น นอกจากนั้นต้องรับประทานอาหารครบห้าหมู่ พักผ่อนอย่างเพียงพอ และที่สำคัญต้องดื่มน้ำให้มาก ๆ (ระวีวรรณ ศรีศรีรัมย์, 2551) อย่างไรก็ตามมีบางคนทานหัวปลีไม่ได้เพราะมีรสชาติฝาด รวมทั้งวิธีการประกอบอาหารโดยการต้ม แกง ยำ ทำให้เบื่อได้ง่าย นอกจากนั้นการหาวัตถุดิบหัวปลีเพื่อมาประกอบอาหารในบางช่วงเวลาอาจจะหาได้ยากโดยเฉพาะในฤดูร้อน ดังนั้นการแปรรูปอาหารที่ทำจากหัวปลีให้สะดวกแก่การรับประทาน มีเพียงพอต่อความต้องการทุกฤดูกาล จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ มีรายงานการศึกษาการผลิตนํ้ามหัวปลีพร้อมดื่ม พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิต คือ ใช้หัวปลีต่อนํ้าเปล่าในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ปรับปริมาณกรดเป็นร้อยละ 0.3 และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 11 องศาบริกซ์ แต่พบว่ามีความผันแปรของคุณภาพด้านสีของนํ้ามหัวปลีพร้อมดื่ม เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลของหัวปลีในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (กฤษดา กาวิวงศ์ และทินกร ทาตระกูล, 2559) ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์คือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดหนึ่งที่พบในอาหาร โดยเกิดขึ้นกับอาหารเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ มักพบเป็นปัญหาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เป็นที่ต้องการในผักผลไม้ เช่น มันฝรั่ง กระเทียม ถั่วลิสง ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังการปอกเปลือก และการลดขนาด (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนูปนันท, 2558) กรดซิตริกสามารถควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ เนื่องจากทำให้มีค่าพีเอชไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ (นิธิยา รัตนูปนันท, 2558) คณะผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของหัวปลีในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ที่มีการจัดตั้งทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial in CRD) ที่ทำให้สามารถศึกษาปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ ระยะเวลาในการแช่ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลีได้อย่างชัดเจน ซึ่งการใช้กรดซิตริกที่เป็นกรดอินทรีย์ที่หาซื้อได้ง่ายราคาถูก เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของนํ้ามหัวปลีพร้อมดื่มในด้านสี ให้มีความคงตัว สม่ำเสมอ เป็นคุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ผู้บริโภคให้การยอมรับเพิ่มขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี และตรวจสอบคุณภาพของนํ้ามหัวปลีพร้อมดื่ม

3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี

ศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นํ้ามหัวปลีพร้อมดื่ม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยจัดตั้งทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial in CRD) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลีได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก 3 ระดับ คือร้อยละ 0, 1 และ 3 โดยน้ำหนัก ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่หัวปลี 2 ระดับ คือ 5 และ 10 นาที โดยมีขั้นตอนดังนี้



3.1.1 นำหัวปลีที่ได้มาลอกกาบสีแดงข้างนอกออก จนเหลือแต่กาบสีขาวนวล และหั่นหัวปลีเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปแช่สารละลายกรดซัลฟิวริกตามสิ่งทดลองที่กำหนด ได้แก่

สถานะที่ 1 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 เป็นเวลา 5 นาที

สถานะที่ 2 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 เป็นเวลา 10 นาที

สถานะที่ 3 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 นาที

สถานะที่ 4 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 10 นาที

สถานะที่ 5 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 5 นาที

สถานะที่ 6 คือ แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที

3.1.2 หลังจากครบตามเวลาที่กำหนดให้นำมาหัวปลีที่ผ่านการแช่ตามสิ่งทดลองที่กำหนดมาวัดค่าสี L^*

(ความสว่าง) a^* (ค่าสีเขียว-แดง) b^* (ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง) ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab (Ultrascan XE/IX7, USA)

3.2 การผลิตน้ำมันหัวปลีพร้อมดื่ม จากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซัลฟิวริกในแต่ละสิ่งทดลอง

ผลิตน้ำมันหัวปลีโดยพร้อมดื่ม จากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซัลฟิวริกในแต่ละสิ่งทดลอง ตามวิธีการของ กฤษดา กาวิวงศ์ และทินกร ทาตระกูล (2559) โดยนำหัวปลีที่ต้มในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.07 ใช้อัตราส่วนหัวปลีต่อน้ำเกลือ เป็น 1 ต่อ 3 โดยน้ำหนัก ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำหัวปลีที่ได้ไปปั่นให้ละเอียด แยกกากออกโดยใช้กระชอน และกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำมันหัวปลี แล้วทำการปรับความเป็นกรดทั้งหมด (Total Acidity, TA) โดยใช้กรดซัลฟิวริกให้ได้ TA ร้อยละ 0.3 โดยใช้กรดซัลฟิวริก รวมทั้งปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้น้ำตาลทรายให้ได้ TSS 11 องศาบริกซ์ แล้วนำไปต้มไล่อากาศที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทำการบรรจุขวดที่ล้างและลวกน้ำร้อนแล้ว ปิดผนึกด้วยฝาจับ นำไปต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำให้เย็น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันหัวปลีหลังจากเก็บไว้ 24 ชั่วโมง มาวัดค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab)

3.3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันหัวปลีพร้อมดื่ม

3.3.1 วิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet (AOAC., 2000)

3.3.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC., 2000)

3.3.3 วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช

3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องมือแฮนรีแฟรคโตมิเตอร์ (AOAC., 2000)

3.3.5 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ Pour Plate (AOAC., 2000)

3.3.6 จำนวนเชื้อยีสต์ และรา โดยวิธีการ Spread Plate (AOAC., 2000)

3.3.7 จำนวนเชื้อ *E. coli* โดยใช้อาหาร Violet Red Bile Agar (VRB) (AOAC., 2000)

3.3.8 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม ใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปโดยนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จำนวน 30 คน ประเมินการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นเฉพาะตัว รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวม ของน้ำมันหัวปลีพร้อมดื่ม ใช้การทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale



3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลด้านลักษณะกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบห้วปลี

จากการทดลองนำห้วปลีมาแช่สารละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 ที่เวลา 5 และ 10 นาที แล้วนำมาตรวจวัดลักษณะทางกายภาพโดยการวัดค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าห้วปลีที่แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 ในสิ่งทดลองที่ 5 และ 6 สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด มีความแตกต่างกันกับปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0 และ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพราะมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยห้วปลีหลังจากการแช่มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อยจากค่าสีทั้ง 3 ที่มีค่าเป็นบวก คือ มีความสว่างมาก (L^*) มีสีแดงเล็กน้อย (a^*) และมีสีเหลือง (b^*)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสีระหว่างสิ่งทดลองควบคุม(สิ่งทดลองที่ 1) กับสิ่งทดลองอื่น พบว่าการแช่สารละลายกรดซิตริกเป็นเวลา 5 นาที จะสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในห้วปลีได้ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกร้อยละ 3 (สิ่งทดลองที่ 5) ซึ่งดีกว่าการใช้กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 (สิ่งทดลองที่ 3) จากการที่มีค่าความสว่างที่สูงกว่า ในขณะที่การแช่สารละลายกรดซิตริกเป็นเวลา 10 นาที จะลดการเกิดสีน้ำตาลได้ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกร้อยละ 3 (สิ่งทดลองที่ 6) เท่านั้น จากการที่ให้ค่าความสว่างที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุม (สิ่งทดลองที่ 2) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ของห้วปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
1.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 เวลา 5 นาที	46.32±7.73 ^c	4.93±1.79 ^{ns}	15.73±2.83 ^c
2.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 เวลา 10 นาที	54.68±2.00 ^b	3.02±2.22 ^{ns}	19.38±2.71 ^{bc}
3.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 เวลา 5 นาที	56.18±2.33 ^b	5.09±0.42 ^{ns}	21.38±1.23 ^{ab}
4.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 เวลา 10 นาที	55.55±1.09 ^b	4.04±2.16 ^{ns}	20.09±1.24 ^{ab}
5.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เวลา 5 นาที	65.19±1.91 ^a	3.03±1.35 ^{ns}	23.82±1.90 ^a
6.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เวลา 10 นาที	64.31±1.26 ^a	3.65±0.45 ^{ns}	22.43±2.64 ^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำผลวัดค่าสีมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามการจัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียล เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ ระยะเวลาในการแช่ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์



ของปัจจัยหลักทั้ง 2 ที่มีต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี พบว่ามีเฉพาะปัจจัยหลักคือความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเท่านั้น ที่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) ในหัวปลีหลังผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก แต่ปัจจัยหลักระยะเวลาในการแช่ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้ง 2 ไม่มีผลทำให้ค่าสีทั้งค่า L^* a^* (ค่าสีเขียว-แดง) และ b^* ของหัวปลีหลังผ่านการแช่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสีของหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 ที่เวลา 5 และ 10 นาที

ค่าสี	ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ สารละลายกรดซิตริก	ปัจจัยที่ 2 เวลาที่ใช้ในการแช่	ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยที่ 1 และ ปัจจัยที่ 2
	P	P	P
ค่า L^*	<0.00*	>0.20 ^{ns}	>0.07 ^{ns}
ค่า a^*	>0.43 ^{ns}	>0.32 ^{ns}	>0.40 ^{ns}
ค่า b^*	<0.00*	>0.76 ^{ns}	>0.12 ^{ns}

หมายเหตุ: P หรือค่า .sig เป็นค่าที่ใช้ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

หลังจากการนำหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในแต่ละสิ่งทดลองมาผลิตนํ้านมหัวปลีพร้อมดื่มและเก็บผลิตภัณฑ์นํ้านมหัวปลีพร้อมดื่มที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่าสี พบว่า สิ่งทดลองที่ 6 คือ หัวปลีที่แช่สารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด มีความแตกต่างกันกับสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่า L^* สูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยนํ้านมหัวปลีพร้อมดื่มมีลักษณะปรากฏเป็นสีครีม มีสีน้ำตาลเล็กน้อยจากค่าสีทั้ง 3 ที่มีค่าเป็นบวก คือ มีความสว่างมาก (L^*) มีสีแดงเล็กน้อย (a^*) และมีสีเหลือง (b^*)

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ของนํ้านมหัวปลีพร้อมดื่ม ที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
1.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 เวลา 5 นาที	29.30±0.59 ^{cd}	0.30±0.26 ^c	1.34±0.79 ^c
2.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 เวลา 10 นาที	31.70±2.31 ^{cd}	0.31±0.20 ^c	2.74±1.89 ^c
3.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 เวลา 5 นาที	31.65±1.34 ^{cd}	1.00±0.15 ^b	2.48±0.19 ^c
4.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 เวลา 10 นาที	33.93±0.11 ^c	1.26±0.13 ^b	2.37±0.24 ^c
5.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เวลา 5 นาที	46.18±2.83 ^b	1.21±0.48 ^b	4.50±0.63 ^b
6.แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เวลา 10 นาที	55.87±0.52 ^a	2.60±0.13 ^a	8.86±0.78 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสีระหว่างสิ่งทดลองควบคุม(สิ่งทดลองที่ 1) กับสิ่งทดลองอื่น พบว่า น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก เป็นเวลา 5 นาที จะสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มได้ ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกร้อยละ 3 (สิ่งทดลองที่ 5) เท่านั้น จากการที่มีค่าความสว่างที่สูงกว่า เช่นเดียวกับน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก เป็นเวลา 10 นาที จะลดการเกิดสีน้ำตาลได้ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกร้อยละ 3 (สิ่งทดลองที่ 6) เท่านั้น จากการที่ให้ค่าความสว่างที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุม (สิ่งทดลองที่ 2) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำผลวัดค่าสีมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามการจัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียล เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้ง 2 ที่มีต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก พบว่าปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัยและปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้ง 2 มีผลต่อค่าสีทั้งค่า L^* , a^* และ b^* ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม ที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ค่าสี	ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ สารละลายกรดซิตริก	ปัจจัยที่ 2 เวลาที่ใช้ในการแช่	ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยที่ 1 และ ปัจจัยที่ 2
	P	P	P
ค่า L^*	<0.00*	<0.00*	<0.00*
ค่า a^*	<0.00*	<0.00*	<0.00*
ค่า b^*	<0.00*	<0.00*	<0.00*

หมายเหตุ: P หรือค่า sig เป็นค่าที่ใช้ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม

เมื่อนำน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม ที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมงไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.75-2.26 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.29-0.63 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 11.07-11.47 องศาบริกซ์ ค่าพีเอช 3.50-3.70 และปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบไม่เกินตามมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 กำหนด (กระทรวงสาธารณสุข, 2556). ดังแสดงในตารางที่ 5



ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมี และจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม

ผลการวิเคราะห์	สิ่งทดลอง					
	1	2	3	4	5	6
โปรตีน (ร้อยละ)	2.26±0.01 ^a	1.75±0.03 ^d	1.91±0.01 ^c	1.93±0.01 ^c	2.17±0.01 ^b	2.15±0.06 ^b
ไขมัน (ร้อยละ)	0.29±0.02 ^d	0.47±0.06 ^b	0.39±0.07 ^c	0.61±0.02 ^a	0.63±0.02 ^a	0.62±0.03 ^a
TSS (°Brix)	11.07±0.32 ^{ns}	11.23±0.38 ^{ns}	11.30±0.17 ^{ns}	11.27±0.32 ^{ns}	11.10±0.35 ^{ns}	11.47±0.21 ^{ns}
pH	3.50±0.20 ^{ns}	3.63±0.15 ^{ns}	3.53±0.31 ^{ns}	3.57±0.40 ^{ns}	3.50±0.30 ^{ns}	3.70±0.10 ^{ns}
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/ml)	2.56	2.15	3.45	2.2	2.5	2.55
ยีสต์ และรา (log CFU/ml)	2.18	2.74	2.93	2.74	2.18	2.48
เชื้อ <i>E.coli</i> (log CFU/ml)	3.63	3.70	3.56	3.75	3.65	3.76

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตโดยผ่านการแช่หัวปลีในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที มีคะแนนด้านสี สูงที่สุด โดยมีคะแนนอยู่ในระดับขอบปานกลาง แตกต่างกับสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับกับคะแนนในด้านรสเปรี้ยว และความชอบรวม ก็มีคะแนนสูงสุดเช่นกัน (คะแนนอยู่ในระดับขอบปานกลาง) แต่ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่หัวปลีในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เป็นเวลา 5 นาที ในขณะที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสเฉพาะตัว และรสหวาน ของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีคะแนนอยู่ในระดับเลข 7 ถึง ขอบเล็กน้อย

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่นเฉพาะตัว	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความชอบรวม
1	3.03±1.00 ^c	5.03±0.67 ^{ns}	6.53±0.51 ^{ns}	5.73±0.58 ^b	5.77±0.73 ^b
2	3.57±0.82 ^d	5.03±0.81 ^{ns}	6.37±0.67 ^{ns}	5.73±0.74 ^b	5.80±0.61 ^b
3	4.73±0.74 ^c	5.07±0.64 ^{ns}	6.40±0.50 ^{ns}	6.00±0.69 ^b	6.13±1.04 ^b
4	5.07±0.91 ^c	5.10±0.80 ^{ns}	6.40±0.50 ^{ns}	6.07±0.83 ^b	6.20±0.85 ^b
5	6.83±0.53 ^b	5.13±0.82 ^{ns}	6.40±0.50 ^{ns}	7.10±0.71 ^a	7.27±0.78 ^a
6	7.53±0.90 ^a	5.13±0.68 ^{ns}	6.33±0.66 ^{ns}	7.23±0.74 ^a	7.43±0.63 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

5. การอภิปรายผล

การศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบหัวปลี รวมทั้งลดการเกิดสีน้ำตาล ในผลิตภัณฑ์น้ำนมหัวปลีพร้อมดื่มที่ผลิตจากหัวปลีที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก โดยพบว่าหัวปลีที่แช่สารละลาย



กรดซิตริกร้อยละ 3 สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด มีความแตกต่างกันกับปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0 และ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมฤดี ไทพาณิชย์ และปราณี อานเป็รื่อง (2556) ที่พบว่าการใช้กรดซิตริกนานาน 3 นาทีร่วมกับใช้กรดซิตริกร้อยละ 3 ส่งผลให้ค่าความสว่าง L^* มีค่าเพิ่มขึ้นในเนื้อกล้วยหอมดิบปาสเจอไรซ์ นอกจากนี้ยังมีรายงานการแช่ผักสดคอสอินทรีย์โดยใช้กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ระยะเวลาในการแช่ 5 นาทีสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้อีกด้วย (อุมาพร อาลัย และคณะ, 2554) ซึ่งการแช่ห้วปลีในสารละลายกรดซิตริกสามารถควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ เนื่องจากทำให้มีค่าพีเอชไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ (นิธิยา รัตนานนท์, 2558) นอกจากนี้กรดซิตริกยังเป็นสารที่เลหจกับทองแดงที่บริเวณเร่งของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เนื่องจากทองแดงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เอนไซม์ทำงานได้เป็นปกติ เมื่อทองแดงถูกดึงออกไปจะทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสไม่สามารถทำงานได้ (สุภาภรณ์ คล้ายเครือญาติ, 2553)

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ ระยะเวลาในการแช่ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้ง 2 ที่มีต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบห้วปลี พบว่ามีเฉพาะปัจจัยหลักคือความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเท่านั้น ที่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) สอดคล้องกับรายงานของ สมฤดี ไทพาณิชย์ และปราณี อานเป็รื่อง (2556) ที่ใช้กรดซิตริกร้อยละ 1.00 – 3.00 เดิมลงในเนื้อกล้วยหอมดิบปาสเจอไรซ์เพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาล พบว่า การเติมกรดซิตริกปริมาณมาก จะสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าการเติมกรดซิตริกในปริมาณน้อย รวมทั้งสอดคล้องกับรายงานของ Pizzocaro et al, (1993) ที่พบว่าการใช้กรดซิตริกร้อยละ 0.02-0.1 ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลสดตัดแต่งไม่ได้ แต่ถ้าใช้กรดซิตริกร้อยละ 0.2-1.0 สามารถที่จะยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลสดตัดแต่งได้

การตรวจสอบคุณภาพของนํ้านมห้วปลีพร้อมดื่ม พบว่านํ้านมห้วปลีพร้อมดื่มทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.75-2.26 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.29-0.63 สอดคล้องกับรายงานของ Perera (2011) ที่พบว่าห้วปลีมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 1.6 และมีปริมาณไขมัน ร้อยละ 0.6

6. บทสรุป

การศึกษาลดของสารละลายกรดซิตริกต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบห้วปลี ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นํ้านมห้วปลีพร้อมดื่ม ผลการทดลองพบว่าการใช้ห้วปลีในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด สำหรับการศึกษาปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ พบว่ามีเฉพาะปัจจัยหลักคือความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเท่านั้น ที่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) ในห้วปลีหลังผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก แต่เมื่อนํ้านมห้วปลีมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นํ้านมห้วปลีพร้อมดื่มแล้ว พบว่าทั้งปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และระยะเวลาในการแช่สารละลาย รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อค่าสีทั้งค่า L^* a^* และ b^* สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่านํ้านมห้วปลีพร้อมดื่มที่ผลิตโดยผ่านการแช่ห้วปลีในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที มีคะแนนด้านสีสูงที่สุด สามารถนำผลของสภาวะการแช่ห้วปลีก่อนนำไปผลิตจากการวิจัยนี้ ไปใช้ควบคุมสีของนํ้านมห้วปลีพร้อมดื่มให้ไม่เกิดสีน้ำตาล



คล้ายได้ อย่างไรก็ตามหากมีการศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นสูงกว่า หรือระยะเวลาการแช่ที่นานกว่าที่กำหนดสภาวะการทดลองในงานวิจัยนี้ อาจจะได้สภาวะที่ลดการเกิดสีน้ำตาลที่ดีกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงรสชาติเปรี้ยวที่ตกค้างที่จะส่งผลถึงรสชาติที่สมดุลของเครื่องดื่มได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2558

8. เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา กาวิวงศ์ และทินกร ทาตระกูล. (2559). การผลิตน้ำมันห้วปลีพร้อมดื่ม. ใน *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ 11* (หน้า 1365-1373). 19-20 ธันวาคม 2559 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2556). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง.
- จันทกานต์ นุชสุข. (2561). การศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 10(12), 1-10.
- นิธิยา รัตนานนท์. (2558). หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction->. [15 สิงหาคม 2562].
- สมฤดี ไทพานิชย์ และปราณี อานปรื่อง. (2556). การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอร์ไรซ์. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 9(1), 39-51.
- สุภาภรณ์ คล้ายเครือญาติ. (2553). การควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลในมังคุดตัดแต่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุมาพร อาลัย แสงดาว นาคปาน ปราโมทย์ เอมมา และสุนทรี พรมดีมิต. (2554). ผลของกรดซัลฟิวริกและเกลือต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในผักสดคอสอินทรีย์. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42 (1 พิเศษ), 189-192.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analytical. 17th ed. Maryland: Gaithersburg, Md.: AOAC international.
- Perera, A. (2011). Banana Blossom. [online]. Available from <https://www.anneperera.co.nz/images/Anne%2020Perera%20on%20Banana%20Blossom%20June%202011.pdf>. [2019, December 23].
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*. 17, 21-30.