

การรักษาสีเขียวของใบไผ่บางชนิด

Green Color Retention of Some Bamboo Leaves

พิชญ์สิทธิ์ เล็กโสภิ^A, นิสา เหล็กสูงเนิน^A และสราวุธ สังข์แก้ว^{A*}

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

สริน ทัดทอง

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

Pishsitch leksopee^A, Nisa leksungneon^A and Sarawood sungkaew^{A*}

Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok Campus,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

Sarin tadtong

Faculty of Pharmacy, Srinakharinwirot University,

Rangsit-Ongkarak Road, Ongkarak, Nakhonnayok 26120

Received: November 15, 2019; Accepted: November 22, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องการรักษาสีเขียวของใบไผ่มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบชนิดที่มีศักยภาพ วิธีการ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการรักษาสีเขียวของใบไผ่ เพื่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการประดับตกแต่งจานอาหาร ศึกษาด้วยการดัดแปลงวิธีการรักษาสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งกระป๋องเพื่อการบริโภคในใบไผ่ 3 ชนิด โดยมุ่งเน้นชนิดที่มีใบขนาดใหญ่และมีการใช้ประโยชน์กันทั่วไปในปัจจุบัน ได้แก่ ไผ่ตง (*Dendrocalamus asper*) ไผ่ด้ามพรำ (*Gigantochloa ligulata*) และไผ่หน่ (*G. latifolia*) แบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง คือ (1) ใบไผ่ไม่ใส่สารละลาย (ชุดควบคุม) (2) ใบไผ่แช่ในสารละลาย 0.3 %w/v แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ $[Mg(OH)_2]$ 4 นาที (3) ใบไผ่ต้มในสารละลาย 0.5 %w/v แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) 4 นาที (4) ใบไผ่ต้มในสารละลาย 1 %w/v โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 4 นาที และ (5) ใบไผ่ต้มในสารละลาย 0.2 %w/v แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) 4 นาที จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 วัน ผลศึกษาพบว่าปัจจัยของชนิด วิธีทดสอบ และเวลาในการเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) โดยใบไผ่ด้ามพรำในสารละลายแอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) มีค่าสีเขียวดีที่สุดและคงอยู่ได้นาน 60 วัน จากการวัดค่าสีด้วยระบบ CIELAB

คำสำคัญ : ใบไผ่; การรักษาสีเขียว

^Aศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

*Corresponding author: fforws@ku.ac.th

Abstract

This study aimed to study the species, method, and storage time that show the significant potential in green retention for selected bamboo leaves. This will particularly lead to promote the utilization of bamboo leaves for dish decoration. Green color retention techniques for asparagus were applied for the three large-leaf and commonly used bamboo species; i.e. *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa ligulata* and *G. latifolia*. Five treatments were adopted; (1) bare leaves (control), (2) leaves soaked with 0.3 %w/v $Mg(OH)_2$ for 4 min, (3) leaves boiled with 0.5 %w/v $MgCO_3$ for 4 min, (4) leaves boiled with 1 %w/v $NaHCO_3$ for 4 min, and (5) leaves boiled with 0.2 %w/v NH_4HCO_3 for 4 min. The leaf samples were then subjected to be kept in a vacuum bag at 4 °C for 30, 60 and 90 days. The results showed that correlation among species, method, and storage time are statistically significant ($\alpha \leq 0.05$). The leaves of *G. ligulata* boiled with 1 %w/v NH_4HCO_3 for 4 min can retain the green color the most and also can maintain the green color up to 60 days according to CIELAB systems.

Keywords: bamboo leaf; green color retention

1. คำนำ

ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Poaceae) มีเขตการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรถึงบริเวณเขตอบอุ่น พบแล้วประมาณ 111-118 สกุล 1,400 ชนิด โดยแบ่งเป็น 3 เผ่า (Tribes) คือ ไผ่ล้มลุก (Olyreae) ไผ่แข็งเหมือนไม้เขตร้อน (Bambuseae) และไผ่แข็งเหมือนไม้เขตอบอุ่น (Arundinarieae) (สราวุธ และคณะ, 2557; Sungkaew *et al.*, 2009; Clark *et al.*, 2015)

ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของไผ่มาช้านาน และปัจจุบันมีความนิยมในการนำใบไผ่มาใช้ประดับตกแต่งจานอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่พบเห็นได้ในร้านอาหารประเภทอาหารญี่ปุ่น โดยเป็นวิธีที่ส่งเสริมให้อาหารน่ารับประทานและส่งผลอย่างสำคัญต่อการเลือกบริโภคอาหาร (Piqueras-Fiszman *et al.*, 2013) ส่วนที่นิยมมาใช้ตกแต่งจานอาหารนั้นเป็นส่วนของใบไผ่ที่ยังคงมีสีเขียว โดยสีเขียวที่ปรากฏในใบไผ่เกิดจากรังควัตถุที่เรียกว่าคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) (Erge *et al.*,

2008) ซึ่งโดยทั่วไปภายหลังจากการตัดใบ 4-8 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบจะลดลง (Razzan and Ufuk, 2015) และเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาล เรียกว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning) ปฏิกิริยาดังกล่าวส่งผลให้ความน่าสนใจและการดึงดูดใจต่อผู้บริโภคในการเลือกรับผลิตภัณฑ์นั้นลดลง (Ferrante *et al.*, 2004) ดังนั้นปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของคลอโรฟิลล์จึงนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการบ่งบอกคุณภาพของสีใบพืช (Erge *et al.*, 2008) ซึ่งศึกษาได้จากการคงตัวหรือการยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่มีผลมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ เวลา อุณหภูมิ สารละลาย เป็นต้น (Sweeney and Martin, 1961; Eheart and Odland, 1973; Haisman and Clarke, 1975; Woolfe, 1979; Ferrante *et al.*, 2004)

การวัดค่าของสีเขียว (green retention) ศึกษาได้ในหลายระบบสี (Shetty *et al.*, 2014) ได้แก่ RGB, CMYK, CIELAB เป็นต้น แต่ระบบที่นิยมใช้ในการประเมินสีของผักและผลไม้ คือ ระบบ CIELAB (Gunawan and Barringer, 2000) ระบบ

ดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการยืนยันถึงรูปแบบการกระจายที่ใกล้เคียงกับสปีชีส์ที่ยอมรับทั่วไป (Yam *et al.*, 2004) หมายถึงค่าสีที่ได้จากระบบ CIELAB เป็นค่าสีที่เป็นที่ยอมรับในการวัดสีในพืช โดยการวัดค่าสีดังกล่าวทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องวัดค่าความยาวคลื่นสี (spectrophotometer) ซึ่งใช้วิธีทางการดูดซับช่วงคลื่นแสงสี (Gold and Weckel, 1959) หรือการใช้เครื่องมือวัดสี (colorimeter) โดยใช้หลักการการสะท้อนของแสง (Molin *et al.*, 2011) นอกจากนี้ยังมีการใช้หลักการง่าย ๆ โดยการใช้วิธีการถ่ายภาพจากกล้องมือถือและนำไปหาค่าสีในโปรแกรมสำเร็จรูป Photoshop CS6 (พจนาน, 2560; Sumriddetchkajorn *et al.*, 2014; Camilo *et al.*, 2016)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดของไม้ที่เหมาะสมและวิธีที่จะสามารถรักษาสีเขียวของใบไม้ให้คงตัวอยู่นานที่สุด เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์ แต่เนื่องยังไม่มีรายงานการศึกษารักษาสีเขียวในใบไม้ ดังนั้นจึงดัดแปลงวิธีวิจัยในงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาส่วนหนึ่งของวิธีการ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ดัดแปลงจากการ

รักษาสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งกระป๋อง (มุกิตา, 2536) เพื่อใช้ในการบริโภค การวัดค่าสีของใบดัดแปลงจากการถ่ายภาพโดยใช้การถ่ายภาพและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจากการศึกษาสีของบรมโสมมโสมและเหล็กไอออน (พจนาน, 2560; Camilo *et al.*, 2016)

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างของใบไม้ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกชนิดในการนำมาศึกษา คือ (1) ใบขนาดใหญ่ (ขนาดใบกว้าง 4-7 เซนติเมตร ยาว 35-43 เซนติเมตร) (2) มีการใช้ประโยชน์ด้านอาหารและการกักตุนสารในปัจจุบัน ซึ่งจากเกณฑ์ดังกล่าวมีไม้ 3 ชนิด ที่เหมาะสมในการศึกษา คือ ไม้ตง [*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer], ไม้ด้ามพร้า (*Gigantochloa ligulata* Gamble) และ ไม้แฉะ (*Gigantochloa latifolia* Ridl.) (Rattamanee, 2014) โดยตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด เก็บบริเวณสถานีวิจัยวนวัฒนวิทย์ภาคใต้ จังหวัดสงขลา (รูปที่ 1) เพื่อลดปัจจัยเกี่ยวกับความผันแปรของสภาพอากาศและดินให้มีผลกระทบน้อยที่สุด



Dendrocalamus asper (Schult.) Backer



Gigantochloa ligulata Gamble



Gigantochloa latifolia Ridl.

รูปที่ 1 ตัวอย่างใบไม้แต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง ณ บริเวณสถานีวิจัยวนวัฒนวิทย์ภาคใต้ จังหวัดสงขลา ประกอบด้วยไม้ตง [*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer] ไม้ด้ามพร้า (*Gigantochloa ligulata* Gamble) และไม้แฉะ (*Gigantochloa latifolia* Ridl.)

2.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

ตัวอย่างของใบไม้ที่ใช้ในการศึกษาจะใช้เฉพาะใบที่มีลักษณะไม่แก่หรืออ่อนเกินไป ไม่มีลักษณะของรอยเจาะหรือโรคของแมลงและพืช ซึ่งตัวอย่างของใบไม้สดดังกล่าวจะเก็บใส่ถุงพลาสติกใสชนิดซิปลและใส่ในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิและลดการคายน้ำ จนกว่าจะถึงห้องปฏิบัติการจึงนำมาใส่ถุงพลาสติกใสเฉพาะสำหรับการเก็บรักษาภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่องดูดอากาศ (vacuum sealed) และเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการดำเนินการขั้นถัดไปภายใน 7 วัน

2.3 การเตรียมตัวอย่างศึกษา

ตัวอย่างการศึกษาตัดแปลงวิธีการและความเข้มข้นของสารละลายตามผลการศึกษาการคงตัวของสีเขียวในหน่อไม้ฝรั่งกระป๋อง (มุกิตา, 2536) โดยใบไม้ที่ใช้ในขั้นตอนนี้เป็นใบไม้ที่ได้เตรียมไว้จากขั้นตอนการเก็บรักษาตัวอย่าง โดยจะนำใบไม้ขั้นตอนดังกล่าวมาล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปเข้าวิธีการรักษาสีเขียว ซึ่งแบ่งเป็น 5 วิธี ดังนี้

2.3.1 Con - ใบไม้ (ตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้สารละลาย, ตัวอย่างควบคุม)

2.3.2 Con - ใบไม้แช่ในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ [$Mg(OH)_2$] ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที

2.3.3 BMg - ใบไม้ต้มในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที และแช่ในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที

2.3.4 BNa - ใบไม้ต้มในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที และแช่ในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที

2.2.5 BNH - ใบไม้ต้มในสารละลาย

แอมโมเนียมโบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที และแช่ในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (%w/v) เป็นเวลา 4 นาที

ใบไม้ในแต่ละวิธีทดลองบรรจุใส่ถุง ถุงละ 1 ใบ จำนวน 5 ถุง และเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนถึงวันเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง คือ วันที่ 0, 30, 60 และ 90 วัน

2.4 การเก็บข้อมูลตัวอย่าง

เก็บข้อมูลทางกายภาพของตัวอย่าง โดยดัดแปลงจากวิธีการศึกษาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์และการวัดค่าสีของบรอมไทมอลบลู (พจนาน, 2560; Sumriddetchkajorn, 2014) ถ่ายภาพตัวอย่างด้วยกล้องดิจิทัล Nikon D7000 ซึ่งตั้งค่าองค์ประกอบกล้องดังนี้ ค่าความไวแสง (ISO) 1000 ค่าความกว้างรูรับแสงของเลนส์กล้อง (aperture, F-stop) 3.5 และค่าความเร็วชัตเตอร์ (speed shutter, SS) 1/100 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการตั้งค่าในรูปแบบอัตโนมัติของภาพแรก จากนั้นจึงปรับใช้รูปแบบปรับเอง (manual) โดยใช้ค่าที่ได้จากเบื้องต้น ซึ่งภาพที่ถ่ายได้จะดำเนินการต่อด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 โดยแบ่งช่วงดังนี้ ช่วงที่ 1 แบ่งส่วนภาพภายในตัวอย่างนั้น ๆ เป็น 3 ส่วน ขนาด 300x300 พิกเซล (pixel) ประกอบด้วยปลายใบ กลางใบ และฐานใบ ช่วงที่ 2 คือ การวัดค่าสีด้วยคำสั่ง Color sampler tool ค่าที่ได้จะออกมาในหน่วย L^* , a^* และ b^* ซึ่งจะต้องตั้งค่าภาพที่คำสั่ง Image > Mode > Lab color บริเวณด้านบนของหน้าต่างงาน โดยแต่ละใบจะวัดค่าสี 3 ส่วน ส่วนละ 4 มุม โดยถ่ายครั้งแรก คือ วันที่บรรจุถุงนับเป็นวันที่ 0 และถ่ายครั้งต่อไปห่างจากก่อนหน้า 30 วัน ถ่ายภาพทั้งหมด 4 ครั้ง คือ วันที่ 0, 30, 60 และ 90 วัน

2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ค่าที่ได้จากการวัดจะรายงานผลในระบบ CIELAB โดยจะแสดงออกมาในรูปของค่า L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่างที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 (ค่ามากที่สุดแสดงถึงสว่างหรือสีขาว) ค่า a^* แสดงถึงค่าของสีเขียวและสีแดง มีค่าตั้งแต่ -128 ถึง 128 (ค่าติดลบหมายถึงการแสดงผลเป็นสีเขียว) และค่า b^* แสดงถึงค่าของสีเหลืองและน้ำเงิน มีค่าตั้งแต่ -128 ถึง 128 (ค่าติดลบหมายถึงการแสดงผลเป็นน้ำเงิน) (Racheal and Kabelka, 2009) จากนั้นนำมาคำนวณและรายงานผลในรูปของค่าสีเขียว $-a^*$, ค่ามุมของสี (hue angle, H ดัง

สมการที่ 1) และความเข้มของสี (chroma, C ดังสมการที่ 2) (Weemaes *et al.*, 1990; Koca *et al.*, 2007; Molin *et al.*, 2011; Razzan *et al.*, 2015)

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (1)$$

$$chroma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

ข้อมูลที่ได้จะใช้ตารางความแปรปรวนแบบสามทางในการวิเคราะห์ (3-way ANOVA) โดยมีค่าความเขียวเป็นตัวแปรตอบสนอง (response variable) และเปรียบเทียบตัวแปรพหุคูณด้วยวิธี least significant difference (LSD)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของค่ามุมของสี (hue angle) และค่าความเข้มตัวของสี (chroma) ของใบไม้แต่ละชนิด [ไผ่ตง (DA) ไผ่ด้ามพร้า (GL) และไผ่แนะ (LT)] ในชุดทดลอง BMg, BNa, BNH, Con และ nCon จากการศึกษาในวันที่ 0, 30, 60 และ 90

Species	Treatment	Hue angle				chroma			
		0	30	60	90	0	30	60	90
DA	Con	-35.23 ^{ad}	-12.57 ^a	-13.65 ^a	-16.68 ^a	26.62 ^{df}	17.03 ^h	23.84 ^{fg}	12.9 ^{4f}
	nCon	-35.17 ^{ad}	-28.22 ^{dg}	-27.91 ^{ce}	-28.54 ^{de}	25.12 ^{eg}	19.67 ^{gh}	21.92 ^{gh}	11.59 ^f
	BMg	-36.55 ^d	-10.13 ^a	-10.72 ^a	-14.63 ^a	22.16 ^h	22.23 ^g	33.71 ^{cd}	16.73 ^e
	BNa	-34.35 ^{ad}	-27.55 ^{cf}	-27.77 ^{ce}	-27.63 ^{ce}	26.78 ^{df}	27.42 ^f	35.66 ^{bc}	18.18 ^e
	BNH	-33.55 ^{ab}	-12.37 ^a	-11.99 ^a	-17.94 ^a	23.19 ^{gh}	27.42 ^f	19.86 ^h	10.62 ^f
GL	Con	-36.25 ^{cd}	-26.37 ^{bd}	-20.37 ^b	-24.79 ^{bd}	29.69 ^{ac}	30.58 ^{ef}	27.12 ^{ef}	18.07 ^e
	nCon	-35.5 ^{bd}	-33.71 ^h	-32.65 ^{fg}	-25.66 ^{bd}	30.14 ^{ab}	34.57 ^{de}	30.79 ^{de}	18.91 ^e
	BMg	-34.14 ^{ad}	-32.54 ^{gh}	-30.13 ^{eg}	-25.05 ^{bd}	26.62 ^{df}	43.49 ^a	43.17 ^a	32.24 ^a
	BNa	-35.19 ^{ad}	-31.32 ^{fh}	-29.27 ^{df}	-26.98 ^{be}	27.08 ^{ce}	36.17 ^{cd}	35.66 ^{bc}	23.05 ^d
	BNH	-33.81 ^{ac}	-34.63 ^h	-33.86 ^g	-30.53 ^e	30.13 ^{ab}	42.01 ^{ab}	43.77 ^a	27.79 ^{bc}
LT	Con	-34.57 ^{ad}	-22.53 ^b	-24.36 ^{bc}	-23.1 ^b	29.39 ^{ad}	26.7 ^f	25.63 ^{fg}	17.72 ^e
	nCon	-34.01 ^{ad}	-23.61 ^{bc}	-27.02 ^{ce}	-25.29 ^{bd}	28.58 ^{ad}	41.37 ^{ab}	44.02 ^a	23.67 ^d
	BMg	-34.72 ^{ad}	-24.85 ^{bd}	-23.87 ^{bc}	-24.31 ^{bd}	24.18 ^{fh}	40.95 ^{ab}	39.11 ^b	23.46 ^d
	BNa	-32.77 ^a	-26.77 ^{be}	-25.09 ^{cd}	-23.89 ^{bc}	30.67 ^a	36.75 ^{cd}	37.09 ^{bc}	25.29 ^{cd}
	BNH	-34.92 ^{ad}	-30.74 ^{eh}	-32.63 ^{fg}	-26.46 ^{be}	27.67 ^{be}	38.75 ^{bc}	37.43 ^{bc}	30.51 ^{ab}

อักษรที่แตกต่างกัน (a,b,c) ในหลักเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จัดลำดับด้วยวิธี LSD

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ค่ามุมของสีหรือเจดสี (hue)

ค่ามุมของสีแสดงถึงองศาของสีหรือเป็นการระบุถึงสีที่ปรากฏ โดยค่าที่มีค่าติดลบมากจะมีค่าเข้าใกล้สีเขียวมากขึ้น ซึ่งจากการวัดค่าสีหลังจากบรรจุใบไผ่ใส่ถุงสุญญากาศ (วันที่ 0) ค่าเฉลี่ยของเจดสีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) หมายถึง ใบไผ่ทุกตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นนั้นมีค่าสีเขียวของเจดสีที่เหมือนกัน แต่หลังจากทดสอบด้วยการใส่สารเคมีที่ต่างกัน พบว่าค่าเจดสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเปรียบเทียบแบบพหุคูณด้วยวิธี LSD พบว่าค่าที่มากที่สุด หรือค่าที่ติดลบมากที่สุดของตัวอย่างในวันที่ 30, 60 และ 90 พบในตัวอย่างของไผ่ดำมพร้าวที่ทดสอบในสารละลายแอมโมเนียมโบคาร์บอเนต และค่าที่น้อยที่สุดพบในไผ่ตงของสารละลายแมกนีเซียมโบคาร์บอเนต (ตารางที่ 1)

3.2 ค่าความอิ่มตัวของสี (chroma)

ค่าดังกล่าวเป็นส่วนที่แสดงถึงความสดของสี ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของสีในเจดเดียวกัน ค่าที่สูงแสดงถึงสีที่สดหรือมีความเข้มมากกว่าค่าที่น้อย โดยค่าเฉลี่ยของวันที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความอิ่มตัวที่ปรากฏมีผลจากปัจจัยชนิดและชุดทดลองที่ต่างกัน โดยค่าที่มากที่สุดอยู่ในตัวอย่างของไผ่แฉะที่ทดสอบด้วยสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนตและค่าที่น้อยที่สุด คือ ตัวอย่างของไผ่ตงในสารละลายแมกนีเซียมโบคาร์บอเนต และในวันที่ 30, 60 และ 90 มีค่ามากที่สุดที่ตัวอย่างของไผ่ดำมพร้าวที่ทดสอบด้วยสารละลายแมกนีเซียมโบคาร์บอเนต และค่าที่น้อยที่สุดพบในตัวอย่างของไผ่ตง โดยวันที่ 30 ของการวัดพบในชุดควบคุม แต่ในวันที่ 60 และ 90 นั้นค่าที่น้อยที่สุดอยู่ในสารละลายแอมโมเนียมโบคาร์บอเนต (ตารางที่ 1)

3.3 ค่าความสว่าง (lightness)

ค่าที่มากจะแสดงถึงสีที่มีสีด้าเป็นส่วนประกอบมากขึ้น โดยจากผลของวันที่ 0 พบว่าค่าเฉลี่ยของความสว่างมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) เฉพาะกับปัจจัยชนิดซึ่งหมายความว่าค่าความสว่างที่เปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งแรกมีผลมาจากชนิดที่ต่างกัน แต่ในวันที่ 30, 60 และ 90 ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) กับทุกปัจจัยที่ศึกษาและเมื่อนำมาเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี LSD พบว่าค่าที่มากที่สุดพบในไผ่ที่ทดสอบด้วยสารละลายแมกนีเซียมโบคาร์บอเนต (วันที่ 30) และชุดควบคุม (วันที่ 60 และ 90) ตามลำดับ และค่าที่น้อยที่สุดพบในไผ่ตงที่ทดสอบด้วยสารละลายแอมโมเนียมโบคาร์บอเนตในวันที่ 30, 60 และ 90 (ตารางที่ 2)

3.4 ค่าดัชนีสีน้ำตาล (browning index)

ค่านี้แสดงถึงการปรากฏของของสีเหลืองและสีเขียว โดยค่าที่ติดลบจะแสดงถึงค่าที่เข้าใกล้สีเขียวมากขึ้น โดยค่าเฉลี่ยในครั้งแรกของการวัดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) แต่ในครั้งต่อไป คือ ในวันที่ 30, 60 และ 90 พบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) โดยค่าที่มากที่สุด (ค่าบวก) ที่ได้จากการคำนวณพบในตัวอย่างของไผ่ตงที่ทดสอบด้วยสารละลายแมกนีเซียมโบคาร์บอเนต ซึ่งมีค่า 37.89, 31.58 และ 46.54 ตามลำดับ และค่าที่น้อยที่สุดพบในตัวอย่างของใบไผ่ดำมพร้าวที่ทดสอบด้วยสารละลายแอมโมเนียมโบคาร์บอเนตมีค่า -10.38, -8.23 และ -0.99 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

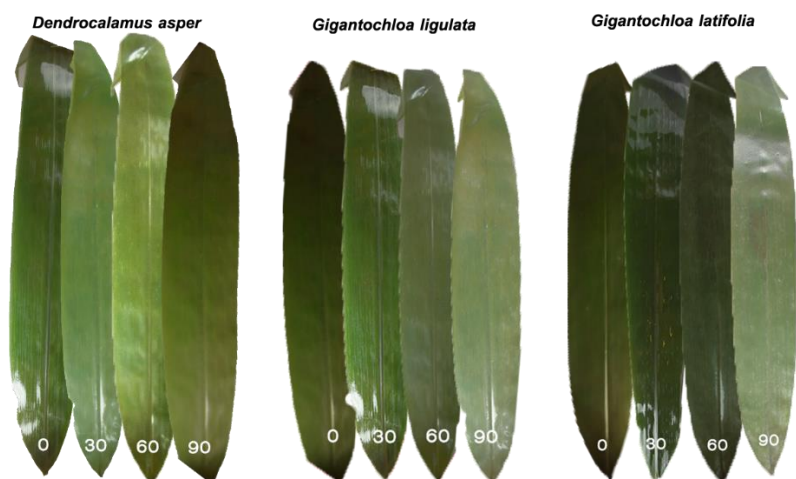
3.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ค่ามุมของสีร่วมกับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยชนิด ชุดทดลอง และ

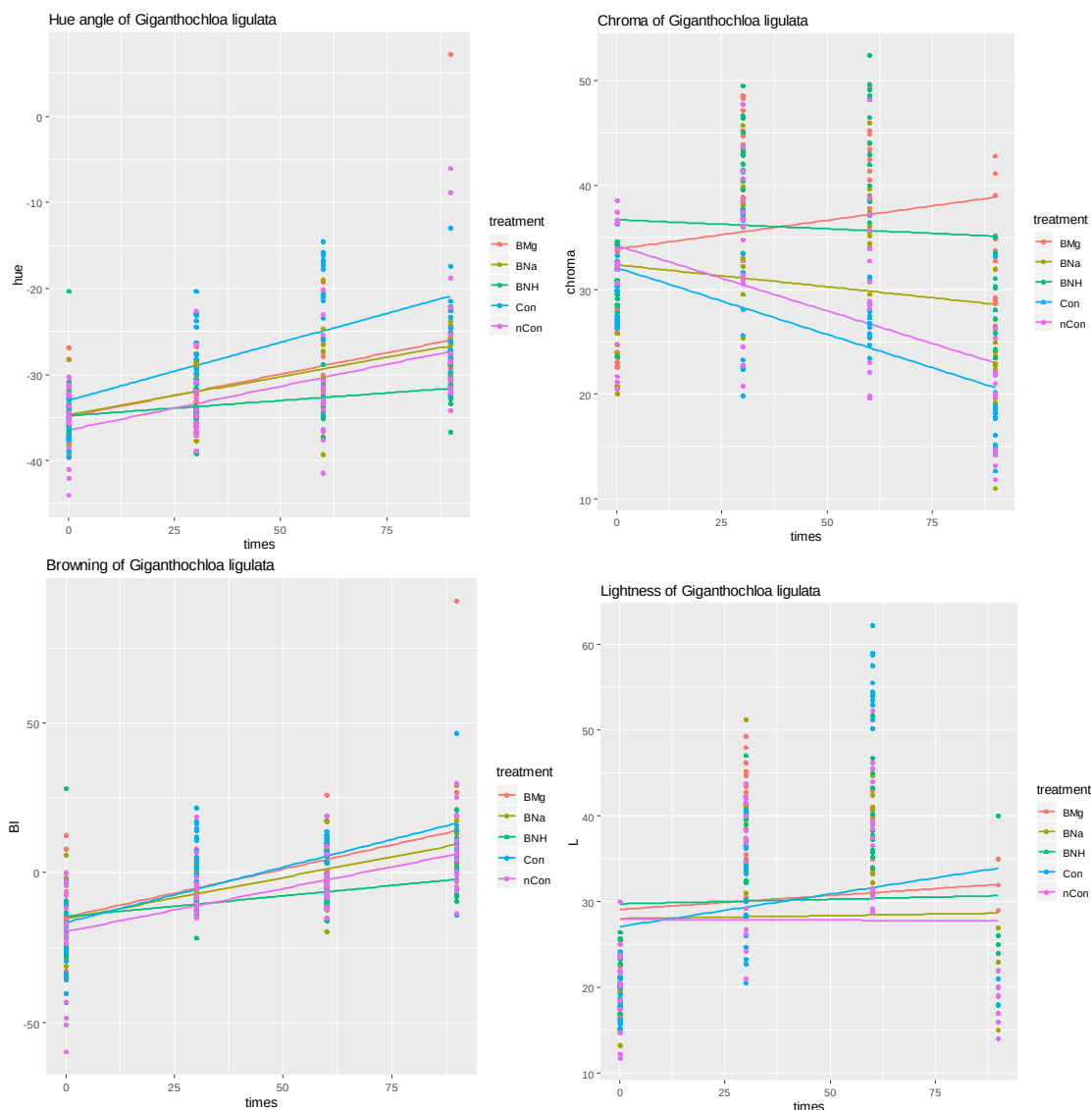
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของค่าความสว่าง (lightness) และค่าดัชนีสีน้ำตาล (browning index) ของใบไผ่แต่ละชนิด [ไผ่ตง (DA) ไผ่ด้ามพร้า (GL) และไผ่แฉะ (LT)] ในชุดทดลอง BMg, BNa, BNH, Con และ nCon จากการศึกษาในวันที่ 0, 30, 60 และ 90

Species	Treatment	Lightness				Browning			
		0	30	60	90	0	30	60	90
DA	Con	16.52 ^{cd}	23.95 ^{fg}	48.3 ^b	18.87 ^{cd}	-22.96 ^{bc}	23.66 ^b	14.57 ^b	16.01 ^{bd}
	nCon	18.3 ^{bd}	23.28 ^{gh}	27.03 ^h	10.87 ^e	-19.1 ^{ac}	3.63 ^{eg}	4.45 ^{ce}	3.71 ^{ef}
	BMg	16.2 ^{cd}	22.37 ^{gh}	37.7 ^{eg}	12.67 ^e	-20.58 ^{ac}	37.89 ^a	31.58 ^a	46.54 ^a
	BNa	18.77 ^{ac}	27.38 ^{ef}	34.75 ^g	17.47 ^d	-15.97 ^{ab}	5.76 ^{de}	5.64 ^{ce}	8.81 ^{cf}
	BNH	15.77 ^d	19.95 ^h	22.67 ⁱ	13.27 ^e	-14.78 ^{ab}	26.93 ^b	30.46 ^a	18.79 ^{bc}
GL	Con	18.48 ^{ac}	30.62 ^e	57.98 ^a	17.93 ^d	-26.67 ^c	8.15 ^{de}	8.29 ^{bd}	10.26 ^{be}
	nCon	19.92 ^{ab}	35.12 ^d	37.45 ^{eg}	18.93 ^{cd}	-22.47 ^{bc}	-6.39 ^{hi}	-3.40 ^{fg}	5.4 ^{ef}
	BMg	18.57 ^{ac}	41.87 ^{ac}	39.05 ^{df}	22.73 ^{ab}	-13.76 ^{ab}	-4.72 ^{hi}	0.09 ^{ef}	16.83 ^{bd}
	BNa	18.48 ^{ac}	38.5 ^{bd}	36.52 ^{fg}	19.87 ^{cd}	-18.58 ^{ac}	-2.39 ^{gi}	1.29 ^{df}	7.8 ^{df}
	BNH	21.1 ^a	37.93 ^{cd}	40.6 ^{de}	21.27 ^{bc}	-14.13 ^{ab}	-10.38 ⁱ	-8.23 ^g	-0.99 ^f
LT	Con	17.98 ^{bd}	25.68 ^{fg}	53.08 ^a	24.47 ^a	-20.54 ^{ac}	19.49 ^{bc}	5.25 ^{ce}	9.79 ^{ce}
	nCon	18.3 ^{bd}	42.38 ^{ab}	45.32 ^{bc}	18.65 ^{cd}	-15.67 ^{ab}	12.47 ^{cd}	5.55 ^{ce}	12.7 ^{be}
	BMg	18.2 ^{bd}	43.93 ^a	42.9 ^{cd}	17.33 ^d	-18.68 ^{ac}	9.86 ^{de}	11.11 ^{bc}	17.2 ^{bd}
	BNa	20.1 ^{ab}	37.83 ^{cd}	37.83 ^{eg}	18.73 ^{cd}	-10.83 ^a	5.98 ^{df}	9.77 ^{bc}	20.11 ^b
	BNH	17.22 ^{cd}	38.52 ^{bd}	35.12 ^{fg}	24.13 ^a	-20.56 ^{ac}	-1.76 ^{fh}	-5.3 ^{fg}	9.96 ^{be}

อักษรที่แตกต่างกัน (a,b,c) ในหลักเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จัดลำดับด้วยวิธี LSD



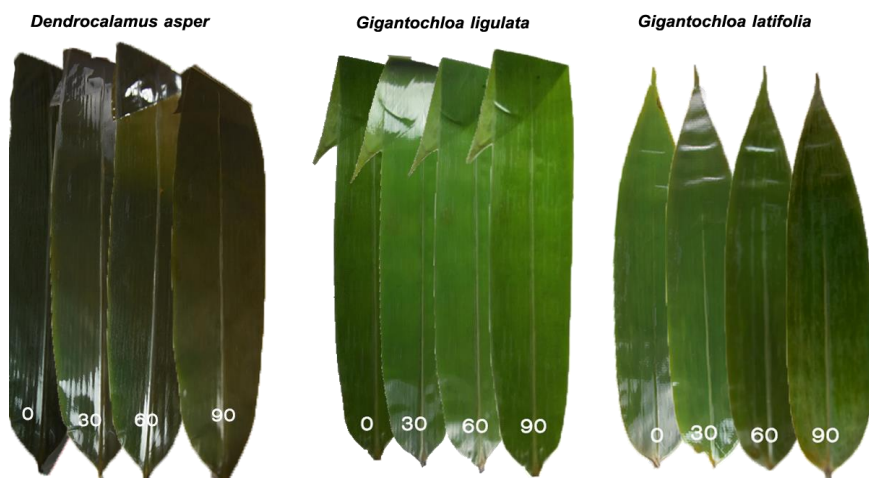
รูปที่ 3 ตัวอย่างใบไผ่ในชุดการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวน้อยที่สุด (Con) ช่วงวันที่ 0, 30, 60 และ 90



รูปที่ 2 การกระจายค่าเฉลี่ยข้อมูลของไผ่ด้ามพรำประกอบด้วยค่ามุมของสี (ซ้ายบน) ค่าความอิ่มตัวของสี (ขวาบน) ค่าความสว่างของสี (ขวาล่าง) และค่าดัชนีสีน้ำตาล (ซ้ายล่าง)

เวลาที่ใช้ด้วยตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบสามทาง (3-ways ANOVA) พบว่าการปรากฏของสีเขียวมีการเปลี่ยนแปลงแบบปฏิสัมพันธ์ร่วม (interaction) กับปัจจัยทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha \leq 0.05$) จากนั้นจึงหาลำดับเพื่อแบ่งกลุ่มค่ามุมสีด้วยการเปรียบเทียบแบบพหุคูณแบบ LSD เพื่อตรวจหาชนิด ชุดทดลอง และเวลาที่เหมาะสมของไผ่ที่ยังมีความเขียว

ใกล้เคียงภายหลังบรรจุ โดยพิจารณาจากค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของวันที่ 0 โดยพบว่ามุมของสีที่มีค่ามากที่สุด 3 ค่า (ไม่พิจารณาครั้งแรก) เรียงลำดับจากมาก (ติดลบมาก) ไปน้อย (ติดลบน้อย) คือ ตัวอย่างของไผ่ด้ามพรำในสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตของวันที่ 30 ตัวอย่างของไผ่ด้ามพรำในสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตของวันที่ 60 และตัวอย่างของไผ่ด้ามพรำ



รูปที่ 4 ตัวอย่างใบไผ่ในชุดการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวมากที่สุด (BNH) ในช่วงวันที่ 0, 30, 60 และ 90

ที่บรรจุในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์โดยไม่ผ่านการต้มของวันที่ 30 โดยมีค่าเฉลี่ย -34.62, -33.86 และ -33.71 ตามลำดับ และเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับค่าความอึดตัวของสี ค่าความสว่าง และค่าดัชนีสีน้ำตาล (รูปที่ 2) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับภาพตัวอย่าง (รูปที่ 3 และ 4) พบว่าชนิดของไผ่ที่มีศักยภาพต่อการใช้งาน คือ ไผ่ด้ามพรา ชุดการทดลองที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาเพิ่มเติม คือ ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต และระยะเวลาที่มากที่สุดก่อนที่ค่าความเขียวของใบลดลง คือ 60 วัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาการคงตัวของสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งบรรจุกระป๋อง (มุกิตา, 2537) สารละลายที่สามารถรักษาค่าความเขียวที่ดีที่สุด คือ สารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ทั้งนี้สารละลายดังกล่าวยังใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) เนื่องจากเป็นสารละลายที่สามารถเพิ่มปริมาณของมวลชีวภาพที่คำนวณจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content) (Yilu *et al.*, 2012) และเนื่องจากสารละลายดังกล่าวมีการประกอบของไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จึงมีส่วนในการช่วยในกระบวนการรักษาสี

เขียว (Cabrera, 2004; Bojović and Marković, 2009)

4. สรุป

ตัวอย่างที่ใช้สารละลายให้ค่าสีเขียวที่ดีกว่าไม่ใช้สารละลาย และค่าของสีเขียวที่เปลี่ยนไปมีความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยด้านชนิดพันธุ์ วิธีการที่ศึกษา และเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยชนิดและวิธีการที่เหมาะสมในการรักษาความเขียว คือ ไผ่ด้ามพราที่ต้มในสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต โดยสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 60 วัน ก่อนที่ค่าสีเขียวจะลดลง

5. รายการอ้างอิง

- พจนา พลชัย และศศิธร มั่นเจริญ, 2560, การทดลองหาค่าคงที่สมดุลของโบรมไทมอลบลู โดยใช้สมาร์ทโฟน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย, SWU Sci. J. 33(2): 213-228.
- มุกิตา มีนุ่น, 2536, ความคงตัวของสีเขียวในหน่อไม้ฝรั่งบรรจุกระป๋อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สรารัฐ สังข์แก้ว, อัจฉรา ตีระวัฒนานนท์ และกิตติ

- ศักดิ์ จินดาวงศ์, 2557, ใผ่ในเมืองไทย (Bamboo of Thailand), พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ.
- Bojović, B. and Marković, A., 2009, Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.), *Kragujevac J. Sci.* 31: 69-74.
- Cabrera, R.I., 2004, Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status, XXV International Horticulture Congress, ISHS Acta Horti culture 511: 157-170.
- Camilo, L.M., Sérgio, R.B.S., Davi S.V. and Kássio M.G.L., 2016, Integrating a smartphone and molecular modeling for determining the binding constant and stoichiometry ratio of the Iron (II) - phenanthroline complex: An activity for analytical and physical chemistry laboratories, *J. Chem. Edu.* 93: 1760-1765.
- Clark, L.G., Londoño, X. and Ruiz-Sanchez, E., 2015, Bamboo Taxonomy and Habitat, In LIESE, W. and KÖHL, M. (Eds.), *Bamboo: The Plant and Its Uses*, Springer International Publishing, Cham.
- Eheart, M.S. and Odland, D., 1973, Use of ammonium compounds for chlorophyll retention in frozen green vegetables, *J. Food Sci.* 38: 202-205.
- Erge, H.S., Karadeniz, F., Koca, N. and Soyer, Y., 2008, Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas, *GIDA* 33: 225-233.
- Ferrante, A., Incrocci, L., Maggini, R., Serra, G. and Tognoni, F., 2004, Colour Changes of fresh-cut leafy vegetables during storage, *J. food Agric. Environ.* 2: 40-44.
- Gold, H.J. and Weckel, K.G., 1959, Degradation of chlorophyll to pheophytin during sterilization of canned green peas by heat, *Food Technol.* 13: 281-286.
- Gunawan, M.I. and Barringer, S.A., 2000, Green colour degradation of blanched broccoli (*Brassica oleracea*) due to acid and microbial growth, *J. Food Process. Preserv.* 24: 253-263.
- Haisman, D.R. and Clarke, W., 1975, The interfacial factor in the heat-induced conversion of chlorophyll to pheophytin in green leaves, *J. Sci. Food Agric.* 26: 1111-1116.
- Koca, N., Karadeniz, F. and Burdurlu, H.S., 2007, Effect of pH chlorophyll degradation and colour loss in balanced green peas, *Food Chem.* 100: 609-615.
- Molin, R.F., Valduga, A.T., Luccio, M.D., Dartora, N., Cichoski, A.J., Pistore, M. and Rigo, E., Assessment of Oxidation of Leaves of *Ilex paraguariensis* (St. Hil), *Braz. Arch. Biol. Technol.* 54: 337-345.
- Ngo, T. and Zhao, Y., 2005, Retaining green pigments on thermally processed peels-on green pears, *J. Food Sci.* 70(9): C568-C574.
- Piqueras-Fiszman, B., Giboreau A. and Spence C., 2013, Assessing the influence of the color of the plate on the perception of a complex food in a restaurant setting, *Flavour. J.* 2: 24.
- Racheal, A. and Kabelka, E.A., 2009, Correlation between L* a* b* color space values and

- carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.), Hort. Sci. 44: 633-637.
- Rattamanee, C., 2014, Taxonomic Revision of Gigantochloa (Poaceae: Bambusoideae) in Thailand and Molecular Evidences for Some Paleotropical Woody Bamboos in Subtribe Bambusinae Based on 7-Plastid-Region Sequence Data, Doctoral Dissertation, Kasetsart University, Bangkok.
- Rezzan, K. and Ufuk, K.M., 2015, Biochemical changes and color properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. gina) treated with calcium chloride during storage, Food Sci. Technol. Campinas 35: 266-272.
- Ryan, S.T. and Tong, C.H., 2000, Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH, J. Food Sci. 65: 1296-1302.
- Shetty, D.K., Acharya, U.D., Prabhu S. and Akash A.R., 2014, An exploratory study of color models used for identification and validation of quality indicators of food products, Eng. Technol. 2014: 487-493.
- Sumriddetchkajorn, S., Chaitavon, K. and Intaravanne, Y., 2014, Mobile-platform based colorimeter for monitoring chlorine concentration in water, Sensors Actuators B 191: 561-566.
- Sungkaew, S., Stapleton, C.M.A., Salamin, N. and Hodkinson, T.R., 2009, Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): A multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s.s., J. Plant. Res. 122: 95-150.
- Sweeney, J.P. and Martin, M.E., 1961, Stability of chlorophyll in vegetables as affected by pH. Food Technol. 15: 263-266.
- Weemaes, C., Ooms, V., van Loey A.M. and Hendrickx, M.E., 1999, Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice, J. Agric. Food Chem. 47: 2404-2409.
- Woolfe, M.L., 1979, Pigments, pp. 76-120, In Priestley, R.J. (Ed.), Effect of Heat Processing on Food Stuffs, Applied Science Publishers, Ltd., London.
- Yam, K.L. and Papadakis, S.E., 2004, A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces, J. Food Eng. 61: 137-142.
- Yilu, B., Wen, S., Cong, W., Wu, X. and Ning Z., 2012, An optical-density-based feedback feeding method for ammonium concentration control in *Spirulina platensis* cultivation, J. Microbiol. Biotechnol. 22: 967-974.