

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง Shelf-life Study of Chinese Sausage Mixed with Freshwater Shrimp Powder

ศุภชัย ภูลายดอก^{1*} หนูเดือน สาระบุตร¹ พนิดา วงศ์ปรีดี¹
วิระจิตร คุณราษฎร์¹ พรประภา ชุนถนอม² และอรนุช สีหามาลา¹
Subhachai Bhulaidok,^{1*} Nuduan Saraboot,¹ Panida Wongpreedee,¹
Wirajit Koonrach,¹ Pornprapha Chunthanom² and Oranut Sihamala¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งเปรียบเทียบกับกุนเชียงที่ไม่ได้ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกสูงกว่ากุนเชียงที่ไม่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับค่า a_w และปริมาณความชื้นของทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี $L^* a^* b^*$ ความแน่นเนื้อ และความเหนียว มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของกุนเชียงทุกตัวอย่างพบว่าปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของกุนเชียงหมู (มพช. 103/2546) สำหรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่ากุนเชียงทั้งสองชนิดมีค่าคะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือมีค่าคะแนนการยอมรับรวมมากกว่า 6.80 กุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงได้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่า TBA value น้อยกว่าตัวอย่างกุนเชียงที่ไม่ได้ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งในทุกสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ : กุนเชียง กุ้งฝอยน้ำจืด อายุการเก็บรักษา

Abstract

The purpose of this research was to study the shelf life of Chinese sausage mixed dried freshwater shrimp powder compared with not mixed freshwater shrimp powder. Storage temperature and time at 4°C and 8 weeks. From this research found that total acidity of Chinese sausage with mixed dried freshwater shrimp powder was higher more than sausage without mixed dried freshwater shrimp powder with significant difference ($P < 0.05$). The a_w and moisture content of all samples were increased with storage time but pH, $L^* a^* b^*$ color, firmness and toughness were decreased. Total aerobic plate count, yeast and mold count of all samples were less than in the permission level of the count for Chinese sausage (Thai Community Product Standards. 103/2546). For sensory quality, it was found that both types of sausage had a good sensory quality score. The overall acceptability of the attribute liking scores of sausages was more than 6.80. The sausage with mixed dried freshwater shrimp can retard oxidation with the TBA value lower than the sausage without mixed dried freshwater shrimp with significant difference ($P < 0.05$).

Keywords: Chinese sausage, freshwater shrimp, Shelf-life

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขตกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์ 46000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร 47160

*Corresponding author: su_bhu@hotmail.com

คำนำ

กุนเชียง (Chinese sausage) เป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแห้งหรือกึ่งแห้งที่นิยมรับประทานและแพร่หลายในประเทศไทย ส่วนประกอบในการทำกุนเชียงส่วนใหญ่ผลิตจากเนื้อหมู หรือเนื้อไก่ และมันแข็งหมู (Raksakulthai *et al.*, 2004) ปิ้งแต่งด้วยเครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล ผงพะโล้ ซีอิ๊วขาว เกลือ และผงชูรส (Hedrick *et al.*, 1994) อย่างไรก็ตามในระหว่างการเก็บรักษา คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาอันยาวนานจะลดลงเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันและมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเหม็นหืนเป็นการลดคุณภาพทางโภชนาการ เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ (Aguirrezabal *et al.*, 2000) ซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เช่น เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Plitman *et al.*, 1973) ทั้งนี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รสชาติหรือลักษณะปรากฏจะไม่ใช่ที่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้ไม่สามารถจำหน่ายได้ และจะนำไปสู่การสูญเสียทางเศรษฐกิจ กุ้งฝอยเป็นกุ้งที่นิยมรับประทานกันมากสามารถทำอาหารได้หลากหลาย รสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยกุ้งฝอยสดมีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 1339 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักเปียก (กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ, 2544) เปลือกกุ้ง ปู ตัวเคย เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตสารโคโตซาน (อัญชูลี, 2558) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด พบว่ามีการใช้สารโคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหลายชนิดให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น จากการศึกษาของ Lin and Chao (2001) พบว่าการเติมโคโตซานร้อยละ 0.1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ตารางคุณค่าทางโภชนาการ (กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ, 2544) พบว่าเนื้อหมู มันแข็งหมูและกุ้งฝอยน้ำจืด มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 3.3, 76.0 และ 2.7 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากุ้งฝอยน้ำจืดจะมีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนื้อหมูและมันแข็งหมู กุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งจึงมีปริมาณไขมันต่ำลงไปด้วย การเกิดออกซิเดชันของไขมันก็จะลดลง อีกทั้งเปลือกกุ้งยังมีสารโคโตซานที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Lin and Chao, 2001) ดังนั้นการนำกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งทั้งตัวมาผสมในกุนเชียงจึงอาจจะทำให้ยืดอายุการเก็บรักษา พร้อมทั้งเพิ่มปริมาณแคลเซียมในกุนเชียงซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคกุนเชียงที่มีแคลเซียมสูงอีกด้วย ทั้งยังไม่มีการวิจัยที่นำกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งทั้งตัวมาผสมในกุนเชียงเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับกุนเชียงสูตรควบคุมที่ไม่ได้ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งทั้งตัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งเปรียบเทียบกับกุนเชียงที่ไม่ได้ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง

วิธีการศึกษา

การเตรียมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง

กุ้งฝอยน้ำจืด (*Macrobrachium lanchesteri* (De Man)) ซื้อมาจากชาวประมงที่เขื่อนลำปาว อ.สหัสขันธ์ จ.กาฬสินธุ์ นำมาคัดขนาด ล้างทำความสะอาด บั่นด้วยเครื่องบดเนื้อ (กั้วยน้ำไทเตาอบ, ไทย) ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 5 นาที นำกุ้งบดที่ได้มาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (OFM, ไทย) ที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 280 rpm อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบั่นลดขนาดด้วยเครื่องบั่นผสมอาหาร (ฟิลิปส์, ไทย) จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน (Retsch D-5657, Test sieve, Germany) ที่มีรูตะแกรงขนาด 80 mesh จะได้กุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง (ศุภชัย ภูายาดอก และคณะ, 2558)

ขั้นตอนการผลิตกุนเชียง

สำหรับขั้นตอนการผลิตกุนเชียงนั้นใช้วิธีของ ศุภชัย ภูายาดอก และคณะ. (2558) คือ นำเนื้อหมูที่บดละเอียด มันแข็งบดหยาบด้วยเครื่องบดเนื้อ (กั้วยน้ำไทเตาอบ, ไทย) และกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมาผสมเครื่องปรุงทุกชนิดด้วยมือ

พักไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ผสมส่วนผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร (KitchenAid, USA) หัวตีรูปใบไม้ ความเร็วระดับ 4 เวลา 5 นาที บรรจุในไส้คอลลาเจน ผูกเป็นท่อนยาวท่อนละ 6 นิ้ว เจาะไล่อากาศ แขนงในตู้อบลมร้อน เป่าลมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชม. อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชม. โดยอุณหภูมิของส่วนผสมที่เย็นน้ำจืดแห้งนั้นจะมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อหมู:มันแข็งหมู:กุ้งฝอยน้ำจืดแห้งเท่ากับ 69.3:28.1:2.6 ซึ่งอัตราส่วนนี้เป็นอัตราส่วนที่ได้มาจากการทดลองของ ศุภชัย ภูลายดอก และคณะ (2558) ส่วนอุณหภูมิของส่วนผสม (สูตรควบคุม) จะมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อหมู:มันแข็งหมู เท่ากับ 70:30 สำหรับส่วนผสมรองจะคงที่ทั้งอุณหภูมิของส่วนผสม ฝอยน้ำจืดแห้งและอุณหภูมิของส่วนผสมคือ ผงเพรก (โซเดียมไนไตรท์) ร้อยละ 0.1 น้ำตาลทรายร้อยละ 18.0 เกลือร้อยละ 1.4 ซีอิ๊วขาวร้อยละ 1.4 ผงชูรสร้อยละ 1.0 แอคคอร์ดีร้อยละ 0.2 ผงพะโล้ร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักส่วนผสมหลักของน้ำหนักเปียก

การวางแผนการทดลอง

นำอุณหภูมิมาบรรจุในถุง PP ขนาด 7x11 นิ้ว หนา สีพิเศษ (ตราปู, ไทย) บรรจุลงละ 6 แห่ง บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย คือ ชนิดของอุณหภูมิเป็นปัจจัย A มี 2 ชนิด คือ A1 คือ อุณหภูมิสูตรควบคุม (ไม่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง) A2 คือ อุณหภูมิผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง และระยะเวลาในการเก็บรักษาอุณหภูมิเป็นปัจจัย B ดังนี้ B1 คือ สัปดาห์ที่ 0 B2 คือ สัปดาห์ที่ 1 B3 คือ สัปดาห์ที่ 2 B4 คือ สัปดาห์ที่ 3 B5 คือ สัปดาห์ที่ 4 B6 คือ สัปดาห์ที่ 5 B7 คือ สัปดาห์ที่ 6 B8 คือ สัปดาห์ที่ 7 และ B9 คือ สัปดาห์ที่ 8 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ภายภาคและจุลินทรีย์ทำการวิเคราะห์เฉพาะอุณหภูมิ วางแผนการทดลองแบบ Factorial design in Completely randomized design (CRD) วิเคราะห์ผลทุกสัปดาห์ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Factorial design in Randomized complete block design (RCBD) จะวิเคราะห์ที่สัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8 โดยจะนำอุณหภูมิที่ครบกำหนดตามเวลา นำมาทอดในน้ำมันถั่วเหลืองก่อนการทดสอบชิม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ

อุณหภูมิจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้าน ปริมาณความชื้น TBA value (AOAC., 1990) วัดปริมาณน้ำอิสระในอาหารด้วยเครื่อง Water activity meter (AquaLab 3TE, Decagon Devices, USA) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (lactic acid) โดยการไตเตรท (AOAC., 1990) ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (Sartorius, PP-15, Germany) วัดค่าสี $L^* a^* b^*$ (CIE) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (Ultra scan pro, USA) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT. Plus texture analyzer, Stable Micro system, UK) ใช้หัววัดชนิด Warner-Bratzler Blade สำหรับสภาวะที่ใช้ในการวัดคือ Pre-Test Speed 2.0 mm/s, Test Speed 2.0 mm/s, Post-Test Speed 10.0 mm/s และ Distance 30 mm การแปลผล ค่า Mean maximum Force คือ ค่า Firmness (Kg) และ Area คือค่า Toughness (Kg.sec) (ศุภชัย ภูลายดอก และคณะ, 2558)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

อุณหภูมิจะทำการวิเคราะห์ aerobic plate count, psychotropic plate count, anaerobic plate count, และยีสต์และรา (AOAC., 1990)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

อุณหภูมิที่ครบกำหนดตามเวลาจะถูกนำมาตัดเป็นชิ้นด้วยความหนาขนาด 2 มม. แล้วนำไปทอดในน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 5 วินาที จนอุณหภูมิสูง นำมาวางในตะแกรงจนสะเด็ดน้ำมัน จากนั้นวางบนกระดาษซับน้ำมัน ตามวิธีของ ศุภชัย ภูลายดอก และคณะ(2558) แล้วนำไปทำการประเมินคุณภาพทางด้าน

ประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบชิมแบบ Hedonic scale 9 point (1 คือไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือชอบมากที่สุด) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตกาฬสินธุ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุ้งแช่แข็งที่ผสมและไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ค่า p-value ของ Main effect และ interaction effect (Table 1) พบว่าค่า TBA value ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าสี L* ค่าสี a* ค่า firmness ค่า toughness ปริมาณ aerobic plate count ปริมาณ anaerobic plate count ปริมาณ yeast and mold ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน appearance ด้าน color และ ด้าน flavor เกิดปฏิสัมพันธ์ (interaction) ส่วนค่า a_w ค่า pH ปริมาณ moisture content ค่าสี b* ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน odor ด้าน texture และด้าน overall acceptance ไม่เกิดปฏิสัมพันธ์ (no interaction)

Table 1 P-value of main and interaction effects of physicochemical, microbiological and sensory characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Physicochemical, microbiological and sensory properties	p-value		
	A*B	A	B
TBA value	0.000	0.000	0.000
Total acidity	0.001	0.000	0.000
L* color	0.000	0.000	0.000
a* color	0.000	0.000	0.000
Firmness	0.000	0.000	0.000
Toughness	0.000	0.000	0.000
Aerobic plate count	0.000	0.000	0.000
Anaerobic plate count	0.000	0.000	0.000
Yeast and Molds count	0.000	0.000	0.000
Appearance (sensory characteristics)	0.027	0.000	0.000
Color (Sensory properties)	0.000	0.000	0.000
Flavor (Sensory properties)	0.000	0.000	0.000
a_w	0.561	0.567	0.000
pH	0.261	0.000	0.000
Moisture content	0.190	0.022	0.000
b* color	0.144	0.000	0.000
Odor (Sensory properties)	0.210	0.000	0.000
Texture (Sensory properties)	0.054	0.000	0.000
Overall acceptance (Sensory properties)	0.056	0.000	0.000

Significantly at $P < 0.05$. A was Chinese sausage type: B was storage temperature at 4°C.

คุณภาพทางด้านเคมีที่เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

การศึกษายาอายุการเก็บรักษาของกุ้งแช่แข็งที่ผสมและไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง พบว่าในด้านค่า TBA value ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หรือความสัมพันธ์ระหว่างกุ้งแช่แข็งที่มีการผสมและไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งกับระยะเวลาในการเก็บรักษา สำหรับค่า TBA value เป็นดัชนีของการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เป็นสาเหตุของการหืน ค่า TBA value เป็นวิธีทดสอบค่าการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาหรือทราบว่าคุณภาพที่ทำการเก็บรักษาเกิดการเสื่อมเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ เช่น พวกผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ต่าง ๆ (Botsoglou *et al.*, 1994) ถ้าค่า TBA value มีค่าสูงแสดงว่าอาหารเกิดการเสื่อมเสียหรือไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคมากเท่านั้น จากผลการทดลองพบว่ากุ้งแช่แข็งที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดจะมีค่า TBA value น้อยกว่ากุ้งแช่แข็งสูตรที่ควบคุมที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน จากตารางคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ, 2544) แสดงให้เห็นว่าเนื้อหมูสด มันหมูสด และกุ้งฝอยสดมีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 3.3, 76.0 และ 2.7 ตามลำดับ อธิบายได้ว่ากุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนื้อหมูและมันหมู (ศุภชัย ภูผายอดอก และคณะ, 2558) ดังนั้นกุ้งแช่แข็งที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งจึงมีปริมาณไขมันต่ำตามไปด้วยทำให้กุ้งแช่แข็งที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีค่า TBA value ต่ำกว่ากุ้งแช่แข็งที่ไม่ได้ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง (สูตรควบคุม) อีกทั้งเปลือกกุ้งซึ่งมีสารโคโคซานอาจจะมียับยั้งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งสอดคล้องกับการงานวิจัยของ Lin and Chao (2001) ที่โคโคซานสามารถยับยั้งอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อได้ สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษากุ้งแช่แข็งมีผลต่อค่า TBA value ถ้าระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นค่า TBA value ก็จะมีปริมาณสูงขึ้น อธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นไขมันก็จะยิ่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเกิดสาร aldehyde มากยิ่งขึ้น จึงทำให้ค่า TBA value สูงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Gray *et al.*, 1996) พบว่าสิ่งทดลองที่มีค่า TBA value น้อยที่สุดและมากที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 10 คือ กุ้งแช่แข็งที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 สัปดาห์ และสิ่งทดลองที่ 9 คือ กุ้งแช่แข็งที่ไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.03 ± 0.01 และ 1.69 ± 0.31 mg of malanaldehyde/ kg of sample ตามลำดับ (Table 2)

สำหรับปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของกุ้งแช่แข็ง คือ ปริมาณกรดทั้งหมดของกุ้งแช่แข็งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา อีกทั้งยังสัมพันธ์กับชนิดของกุ้งแช่แข็งโดยพบว่ากุ้งแช่แข็งที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งจะมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่ากุ้งแช่แข็งที่ไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งในระยะเวลาการเก็บที่เท่ากัน จากตารางคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ, 2544) แสดงให้เห็นว่าเนื้อหมูสด มันหมูสด และกุ้งฝอยสดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 0, 0 และ 0.6 ตามลำดับ อธิบายได้ว่ากุ้งแช่แข็งที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่ากุ้งแช่แข็งสูตรควบคุม ซึ่งคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มแลคติก (Banwart, 1979; Kuo and Chu, 2003) จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของกุ้งแช่แข็งที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีค่ามากกว่ากุ้งแช่แข็งสูตรควบคุม (Table 2)

Table 3 Main effects of chemical characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment	a_w	pH	Moisture content (%)
Type of Chinese sausage			
not mixed dried freshwater shrimp (A1)	0.89±0.02	6.01±0.04b	28.57±0.14b
mixed dried freshwater shrimp (A2)	0.90±0.01	6.11±0.16a	28.79±0.04a
Storage time of sausage at 4°C for 8 weeks			
week 0 (B1)	0.87±0.01d	6.25±0.14a	26.73±0.21e
week 1 (B2)	0.88±0.00cd	6.18±0.10ab	26.83±0.07e
week 2 (B3)	0.89±0.00bc	6.17±0.11ab	27.09±0.30e
week 3 (B4)	0.90±0.00b	6.10±0.10bc	27.11±0.30e
week 4 (B5)	0.89±0.00bc	6.08±0.06c	28.43±0.26d
week 5 (B6)	0.90±0.00b	6.07±0.08cd	28.71±0.30d
week 6 (B7)	0.90±0.01b	6.05±0.14cd	30.07±0.39c
week 7 (B8)	0.91±0.00b	5.99±0.06d	30.71±0.37b
week 8 (B9)	0.93±0.02a	5.84±0.55e	32.42±0.11a

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at $P < 0.05$.

คุณภาพทางด้านกายภาพที่เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

พบว่าค่าสี L^* (ความสว่าง) คุณเชิงสูตรควบคุมมีค่าความสว่างมากกว่าคุณเชิงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง แต่ค่าสี a^* (สีแดง) จะมีผลตรงกันข้าม (Table 4) คือคุณเชิงสูตรควบคุมจะมีค่าสี a^* (สีแดง) ต่ำกว่าคุณเชิงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อธิบายได้ว่ากุ้งฝอยน้ำจืดเมื่อนำมาทำแห้งจะมีสีแดงออกน้ำตาลเมื่อนำไปทำคุณเชิงจึงมีผลทำให้คุณเชิงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีค่าความสว่างลดลง แต่ค่าสี a^* (สีแดง) จะมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความแน่นเนื้อ (firmness) พบว่าคุณเชิงสูตรควบคุมจะมีความแน่นเนื้อมากกว่าคุณเชิงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง ส่วนค่าความเหนียว (toughness) จะมีผลตรงกันข้าม อาจเกิดเนื่องจากคุณเชิงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งนั้นมีปริมาณเปลือกกุ้งและหัวกุ้งมากกว่าคุณเชิงสูตรควบคุม จึงทำให้มีลักษณะร่วนมากกว่าสูตรควบคุม ทำให้ความแน่นเนื้อน้อยกว่าคุณเชิงสูตรควบคุม แต่จะทำให้ความเหนียวมีค่าสูงกว่าคุณเชิงสูตรควบคุม (García et al., 2002) สำหรับระยะเวลาในการเก็บพบว่าค่าสี L^* (ความสว่าง) ค่าสี a^* (สีแดง) ความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าความเหนียว (toughness) จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ อธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น คุณเชิงจะดูความชื้นจากบรรยากาศรอบ ๆ เข้าไปในคุณเชิงจึงมีผลทำให้ความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าความเหนียว (toughness) ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ

คุณภาพทางด้านกายภาพที่ไม่เกิดปฏิสัมพันธ์ (No interaction)

พบว่าค่าสี b^* (สีเหลือง) คุณเชิงสูตรควบคุมมีสีเหลืองมากกว่าคุณเชิงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 5) อธิบายได้ว่ากุ้งฝอยน้ำจืดเมื่อนำมาทำแห้งจะมีสีแดงออกน้ำตาลเมื่อนำไปทำคุณเชิงจึงมีผลทำให้คุณเชิงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีค่าสี b^* (สีเหลือง) ต่ำกว่าคุณเชิงสูตรควบคุม สำหรับระยะ

เวลาในการเก็บพบว่าค่าสี b^* (สีเหลือง) จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ อธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นสารที่ทำให้เกิดเม็ดสี (pigment) อาจเกิดการ oxidation จึงทำให้ค่าสี b^* (สีเหลือง) ลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guo *et al.* (2003)

Table 4 Interaction effects of physical characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment Combination	Treatment	Physical properties			
		L* color	a* color	Firmness (Kg)	Toughness (Kg.sec)
1	A1×B1	48.94±0.17a	5.33±0.19c	52.74±0.49a	32.09±0.16b
2	A1×B2	48.64±0.48a	5.29±0.22cd	5.93±0.08c	28.75±0.59c
3	A1×B3	47.47±0.49b	4.82±0.33de	5.12±0.55de	27.96±0.59d
4	A1×B4	47.57±0.30b	4.41±0.18ef	5.11±0.30de	26.52±0.23e
5	A1×B5	46.90±0.35c	4.36±0.15efg	4.58±0.33e	25.11±0.37f
6	A1×B6	46.62±0.39c	4.23±0.13fgh	3.69±0.27f	24.34±0.38f
7	A1×B7	44.64±0.23e	3.93±0.12fghi	3.51±0.59f	21.93±0.51h
8	A1×B8	44.22±0.16e	3.84±0.08ghi	2.75±0.07g	19.86±0.44j
9	A1×B9	41.69±0.36h	3.58±0.40i	2.48±0.17gh	14.85±0.36l
10	A2×B1	47.05±0.26bc	6.81±0.33a	26.25±0.36b	40.94±0.76a
11	A2×B2	46.82±0.24c	6.72±0.37a	5.55±0.30cd	27.19±0.36de
12	A2×B3	45.49±0.24d	6.23±0.10b	4.76±0.25e	23.01±0.59g
13	A2×B4	43.44±0.10f	6.06±0.46b	2.81±0.09g	20.75±0.39i
14	A2×B5	43.13±0.29fg	5.53±0.35c	2.73±0.10m	19.86±0.66j
15	A2×B6	42.78±0.44g	5.43±0.39c	2.55±0.30gh	19.73±0.59j
16	A2×B7	41.98±0.35h	4.41±0.45eff	2.41±0.16gh	16.82±0.23k
17	A2×B8	38.43±0.30i	4.32±0.17efg	2.39±0.19qgh	16.78±0.54k
18	A2×B9	38.08±0.13i	3.74±0.12hi	2.15±0.03h	14.89±0.31l

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at $P < 0.05$.

Table 5 Main effects of physical characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment	b* color
Type of Chinese sausage	
not mixed dried freshwater shrimp (A1)	8.57±1.30a
mixed dried freshwater shrimp (A2)	8.11±1.43b
Storage time of sausage at 4°C for 8 weeks	
week 0 (B1)	10.04±0.41a
week 1 (B2)	9.74±0.26ab
week 2 (B3)	9.47±0.21bc
week 3 (B4)	9.09±0.48cd
week 4 (B5)	8.74±0.36d
week 5 (B6)	7.85±0.31e
week 6 (B7)	7.21±0.50f
week 7 (B8)	6.70±0.48g
week 8 (B9)	6.25±0.61h

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at $P < 0.05$.

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ที่เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

ตามมาตรฐาน มผช. กุนเชียงหมู (มผช.103/2546) กำหนดว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (cfu/g) ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (cfu/g) พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ผสมกึ่งฝอยน้ำจืดแห้งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Table 6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากุนเชียงทั้ง 2 สูตรปลอดภัยกับผู้บริโภค ส่วนจุลินทรีย์ psychophile plate count นั้นปรากฏว่าตรวจแต่ไม่พบ (ไม่ได้แสดงในตาราง) พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ aerobic plate count, anaerobic plate count ยีสต์และราจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น อธิบายได้ว่าระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นจุลินทรีย์ก็จะใช้สารอาหารที่มีอยู่ในกุนเชียงแล้วแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (Chawla and Chander, 2004)

Table 6 Interaction effects of microbial characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment Combination	Treatment	Aerobic plate count(cfu/g)	Anaerobic plate count(cfu/g)	Yeast and Molds count(cfu/g)
1	A1×B1	3.0×10	3.0×10	1.0×10
2	A1×B2	3.0×10 ²	3.0×10	1.1×10
3	A1×B3	3.0×10 ²	6.8×10	1.2×10
4	A1×B4	3.0×10 ²	1.2×10 ²	1.2×10
5	A1×B5	1.1×10 ³	3.0×10 ²	1.4×10
6	A1×B6	2.1×10 ³	3.0×10 ²	1.5×10
7	A1×B7	2.1×10 ³	1.0×10 ³	2.3×10
8	A1×B8	3.0×10 ³	1.8×10 ³	2.7×10
9	A1×B9	3.0×10 ³	3.0×10 ³	6.6×10
10	A2×B1	2.3×10 ²	2.4×10	4.0×10
11	A2×B2	2.8×10 ²	3.0×10	1.3×10
12	A2×B3	3.0×10 ²	3.0×10	1.3×10
13	A2×B4	3.0×10 ²	2.0×10 ²	1.4×10
14	A2×B5	3.0×10 ²	3.0×10 ²	1.5×10
15	A2×B6	1.2×10 ³	3.0×10 ²	1.9×10
16	A2×B7	2.1×10 ³	3.0×10 ²	3.4×10
17	A2×B8	3.0×10 ³	3.0×10 ²	7.9×10
18	A2×B9	3.0×10 ³	3.0×10 ³	2.2×10

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at P < 0.05.

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

จากการศึกษาการผลิตกุ้งแห้งที่ผสมและไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งและระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยปัจจัย A1 คือ กุ้งแห้งที่ไม่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง และปัจจัย A2 คือ กุ้งแห้งที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง และระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นปัจจัย B ดังนี้ B1 คือ สัปดาห์ที่ 0, B5 คือ สัปดาห์ที่ 4 และ B9 คือ สัปดาห์ที่ 8 กุ้งแห้งดิบทั้ง 2 สูตรจะถูกนำมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 2 มม. ทอดในน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 110°ซ เวลา 5 วินาที จนสุกดี โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ Hedonic scale scoring ทั้งหมด 9 ระดับ (1 คือไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือชอบมากที่สุด) พบว่าคุณลักษณะทาง

ด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น กุญเชียงสุตรควบคุมที่มีระยะเวลาการเก็บที่เท่ากันจะมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติสูงกว่า กุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง อธิบายได้ว่ากุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งนั้นผู้ทดสอบชิมจะชอบน้อยกว่ากุญเชียงสุตรควบคุม ซึ่งอาจเป็นเพราะกุญเชียงที่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งมีสีแดงน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นกุ้งค่อนข้างแรง ส่วนกุญเชียงสุตรควบคุมจะมีสีแดงสวยและไม่มีกลิ่นกุ้ง จึงทำให้ค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติต่ำกว่าสุตรควบคุม (Table 7) แต่อย่างไรก็ตามกุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งนั้นก็ยังมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเนื่องจากมีค่าคะแนนมากกว่า 6 ขึ้นไป

Table 7 Interaction effects of sensory characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment Combination	Treatment	Sensory properties		
		Appearance	Color	Flavor
1	A1×B1	7.18±0.39b	7.03±0.43c	7.14±0.38b
2	A1×B5	7.43±0.49a	7.47±0.50a	7.44±0.49a
3	A1×B9	7.15±0.47c	7.25±0.46b	6.27±0.49e
4	A2×B1	6.61±0.49e	6.33±0.47e	6.46±0.56d
5	A2×B5	7.00±0.45d	6.80±0.44d	6.71±0.45c
6	A2×B9	6.46±0.50f	6.12±0.41f	6.04±0.51f

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at $P < 0.05$.

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่เกิดปฏิสัมพันธ์ (No interaction)

พบว่าคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น กุญเชียงสุตรควบคุมที่มีระยะเวลาการเก็บที่เท่ากันจะมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมสูงกว่ากุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง แต่ค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของกุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งก็อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (Table 8) อธิบายได้ว่ากุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งนั้นผู้ทดสอบชิมจะชอบน้อยกว่ากุญเชียงสุตรควบคุม เนื่องจากสีเข้มและกลิ่นกุ้งแรงกว่ากุญเชียงสุตรควบคุม จึงทำให้ค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมต่ำกว่ากุญเชียงสุตรควบคุม แต่อย่างไรก็ตามกุญเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งนั้นก็ยังมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเนื่องจากมีค่าคะแนนมากกว่า 6 ขึ้นไป สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสที่ทดสอบด้วยผู้ทดสอบชิมและใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสจะมีแนวโน้มคล้ายกันคือมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ

Table 8 Main effects of sensory characteristics of mixed and not mixed dried freshwater shrimp powder Chinese sausage on storage times.

Treatment	Odor	Texture	Overall acceptance
Type of Chinese sausage			
not mixed dried freshwater shrimp (A1)	6.71±0.53a	6.92±0.59a	7.42±0.57a
mixed dried freshwater shrimp (A2)	6.34±0.49b	6.67±0.86b	6.94±0.52b
Storage time of sausage at 4°C for 8 weeks			
week 0 (B1)	6.54±0.52b	6.89±0.56b	7.25±0.52b
week 4 (B5)	6.71±0.53a	7.08±0.48a	7.45±0.57a
week 8 (B9)	6.32±0.51c	6.41±0.95c	6.86±0.53c

Values are means ± standard deviations of triplicate determinations, Values having different letters in a column differ significantly at $P < 0.05$.

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งและกุนเชียงที่ไม่มีการผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง (ควบคุม) เก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากุนเชียงที่ผสมกุ้งฝอยน้ำจืดแห้ง สามารถยับยั้งหรือลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุของการหืนในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมโดยมีค่า TBA value ต่ำกว่าในทุกสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมพบว่ากุนเชียงทั้งสองมีค่าคะแนนลดลงตามระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นแต่ก็มีคะแนนอยู่ในระดับที่ดี คือมีค่าคะแนนมากกว่า 6

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ด้วยงบประมาณประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ. 2544. *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 132 หน้า.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. *กุนเชียงหมู*. [Online]. Available: http://www.app.tisi.go.yh/otop/pdf_file/tcps103_46.pdf [10 พฤศจิกายน 2556].
- ศุภชัย ภูลายดอก หนูเดือน สาระบุตร พนิดา วงศ์ปรีดี วิระจิตร คุณราชภูรี พรประภา ชุนถนอม และ อรุณช สีหามาลา. 2558. *การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อหมูและกุ้งฝอยน้ำจืดแห้งในการผลิตกุนเชียงจากกุ้งฝอย*. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “พินุลสงครามวิจัย 2558” มหาวิทยาลัยราชภัฏพินุลสงคราม. หน้า 503-511.
- อัญชุลี เลิศสงคราม. 2558. การใช้ประโยชน์ของโคโคแซนในการยืดอายุของอาหารและเครื่องดื่ม. *วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรม*. 22(1): 23-26.
- Aguirrezábal, M. M., J. Mateo, M. C. Domínguez, and J. M. Zumalacárregui. 2000. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Sci*. 54: 77–81.

- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists.
- Banwart, J. G. 1979. *Basic food microbiology*. Westport, Connecticut: AVI Publishing.
- Botsoglou, N.A., D.J. Fletouris, G.E. Papageorgiou, V.N. Vassilopoulos, A.J. Mantis. and A.G. Trakatellis. 1994. A rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissues, food, and feedstuff samples. *J. Agri. Food Chem.* 42: 1931-1937.
- Chawla, S. P. and R. Chander. 2004. Microbiological safety of shelf stable meat products prepared by employing hurdle technology. *Food Control*. 15: 559–563.
- García, M.L., R. Domínguez, M. D. Gálvez, C. Casas. and M. D. Selgas. 2002. Utilization of cereal and fruit fibers in low fat fermented sausages. *Meat Sci.* 60: 227–236.
- Guo, H-L., D-C. Liu and M-T. Chen. 2003. Color Stability of Chinese-Style Sausage Inoculated with *Staphylococcus Carnosus* and *Staphylococcus Xylosus*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*: 16(4): 570-574.
- Gray, J. J., E. A. Gomma. and D. J. Buckley. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 43(Suppl.): S111–S123.
- Hedrick, H. B., E. D. Aberle, J. C. Forrest, M. D. Judge. and R. A. Merkel. 1994. *Principles of Meat Science*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Kuo, C.C. and C.Y. Chu. 2003. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Sci.* 64: 441–449.
- Lin, K-W. and J-Y. Chao. 2001. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Sci.* 59: 343-351.
- Plitman, M., Y. Park. and A. J. Sinskey. 1973. Viability of *Staphylococcus aureus* in intermediate moisture meats. *J. Food Sci.* 38: 1004–1008.
- Raksakulthai, N., S. Chantikul. and M. Chaiyawat. 2004. Production and storage of Chinese style fish sausage from Hybrid Clarias Catfish. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 38: 102–110.

วันรับบทความ (Received date) : 28 มี.ค. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 4 ต.ค. 60

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 20 ก.ย. 61

of leaflet cuttings in both light conditions formed a new shoot. The new shoots varied in size; short shoots with only 2 leaflets per shoot and longer shoots with 4 – 6 leaflets per shoot. Shaded cuttings had less number of leaflets per new shoot. At 8 MAP, number of cuttings from both light conditions that formed a new shoot increased similarly to 84.4%. Both light conditions did not affect new shoot length and number of leaflets per shoot. Therefore, shading of ZZ plant leaflet cuttings during propagation in peat moss under a lath-house condition with plastic roof for rain protection did not improve their rooting and rhizome formation.

Keywords: adventitious root, light intensity, new shoot

คำนำ

กวักรมกต (*Zamioculcas zamiifolia*) เป็นไม้ประดับชนิดหนึ่งที่มีความนิยม มีใบที่สวยงามสีเขียวเข้มหนาเป็นมันวาว รูปร่างลักษณะของใบคล้ายใบของปรงเม็กซิกัน มีลำต้นใต้ดินประเภทไรโซม (rhizome) ที่อวบอ้วนและสะสมน้ำได้ดี เป็นพืชที่ทนต่อสภาพความเข้มแสงต่ำๆ ทนความแห้งแล้ง ไม่มีปัญหาโรคและแมลง เหมาะสำหรับการใช้ประดับภายในอาคาร (Chen and Henny, 2003) การขยายพันธุ์กวักรมกตเชิงการค้านิยมใช้วิธีปักชำแผ่นใบย่อยซึ่งสามารถออกรากและเกิดไรโซมที่บริเวณโคนใบได้ง่าย แต่การเกิดยอดใหม่หลังจากนั้นจะค่อนข้างช้าแม้จะอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จึงต้องใช้เวลาานกว่าต้นจะเติบโตมีจำนวนใบและขนาดทรงพุ่มที่พร้อมวางประดับ (Blanchard and Lopez, 2007) การปลูกกวักรมกตเป็นไม้ประดับกระถางโดยใช้ไรโซมเริ่มต้นที่มีขนาดใหญ่และเพิ่มจำนวนไรโซมต่อกระถางให้มากขึ้น จะมีการเติบโตทางกิ่งใบที่เร็วขึ้น และย่นระยะเวลาการผลิตให้สั้นลงได้ (Chen et al., 2004) สภาพการปักชำซึ่งส่งเสริมให้เกิดไรโซมที่มีขนาดใหญ่จึงมีความสำคัญ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปักชำแผ่นใบย่อยของกวักรมกตคือ โรงเรือนพรางแสง ความเข้มแสง (light intensity) 200 – 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ อุณหภูมิระหว่าง 24 – 29°C และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศระหว่าง 60 – 90% (Chen and Henny, 2003; Blanchard and Lopez, 2007) แผ่นใบย่อยของกวักรมกตที่นำมาปักชำ เริ่มเกิดไรโซมขนาดเล็กที่บริเวณโคนใบภายใน 16 วันหลังจากปักชำ ไรโซมขยายขนาดขึ้นและเกิดรากใหม่จากส่วนบนของไรโซมภายใน 21 วันหลังจากปักชำ (Cutter, 1962) เมื่อย้ายปลูกลงกระถางจะเริ่มผลิยอดใหม่ยอดแรกภายใน 40 – 50 วัน (Blanchard and Lopez, 2007) ในประเทศไทยพบรายงานการปักชำแผ่นใบย่อยของกวักรมกต ภายใต้สภาพโรงเรือนพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีระบบพ่นหมอก โดยแผ่นใบปักชำเริ่มเกิดรากและไรโซมภายใน 1 เดือน และพร้อมย้ายปลูกลงกระถางได้หลังจากปักชำ 2 เดือน โดยปกติ แผ่นใบหนึ่งๆ จะมีรากใหม่จำนวน 5 รากขึ้นไปและมี 1 ไรโซม (ราชต สีนทนะโยธิน และคณะ, 2557) สภาพวันยาว (long day condition) ระหว่างการปักชำส่งเสริมให้มีการสร้างไรโซมเพิ่มขึ้น การปักชำแผ่นใบย่อยของกวักรมกตในโรงเรือนที่มีระบบพ่นหมอกได้รับสภาพวันยาว มีช่วงสว่างนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสงสูงสุดในรอบวันประมาณ 450 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ทำให้จำนวนไรโซมต่อแผ่นใบเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการปักชำในสภาพวันสั้น (short day condition) ได้รับแสงนาน 9 ชั่วโมงต่อวัน (Lopez et al., 2009) ในสภาพความยาววัน 12 ชั่วโมง การพรางแสงระดับต่างๆ ในโรงเรือนขยายพันธุ์พืชให้ปริมาณแสงรวมที่ได้รับต่อหน่วยพื้นที่ในรอบวัน (Daily light integral; DLI) มีค่าระหว่าง 0.9 – 2.2 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ ส่งเสริมให้แผ่นใบปักชำกวักรมกตสร้างไรโซมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ DLI = 0.6 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ แต่ไม่ทำให้จำนวนราก และพัฒนาการของรากที่ได้แตกต่างกัน (Lopez et al., 2009)

การเกิดราก สัมพันธ์กับระดับคาร์โบไฮเดรตสะสมที่เพิ่มขึ้นบริเวณโคนกิ่งปักชำ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตส่วนหนึ่งสะสมมาก่อนที่จะตัดกิ่งปักชำจากต้นแม่ และอีกส่วนหนึ่งสร้างขึ้นใหม่จากการสังเคราะห์แสงระหว่างการปักชำ โดย

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งสารโคจรคาร์บอน (carbon skeleton) และแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการเกิดจุดกำเนิดราก และการเติบโตของรากใหม่ของกิ่งปักชำประเภทที่มีใบ (leafy cuttings) ทั้งแบบมีเนื้อไม้และไม่มีเนื้อไม้ (Tombesi *et al.*, 2015) แต่มีรายงานว่าในช่วงแรกของการปักชำซึ่งยังไม่เกิดจุดกำเนิดรากนั้น กิ่งปักชำมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำมาก และอัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดจุดกำเนิดรากแล้ว (Svenson and Davies, 1990) จึงมีคำแนะนำให้จัดสภาพความเข้มแสงค่อนข้างต่ำ ($100 - 150 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ให้กับกิ่งปักชำในช่วงแรก เนื่องจากความเข้มแสงที่มากเกินไปทำให้กิ่งปักชำมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีการคายน้ำมากขึ้น เกิดสภาพเครียด จนถึงใบมีอาการซีด และการเกิดรากลดลงได้ (Runkle, 2016)

การปักชำแผ่นใบย่อยของกวักรมรดเชิงการค้าในประเทศไทย มักทำในที่ร่ม หรือโรงเรือนพรางแสง โดยไม่ใช้ระบบพ่นหมอก ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ และไม่มีการให้แสงเสริมเพื่อเพิ่มความยาวของช่วงวัน ในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยซึ่งเป็นช่วงวันยาว มีแสงแดดจัดและอุณหภูมิสูง จำเป็นต้องการพรางแสงระหว่างการปักชำเพิ่มขึ้น ซึ่งระดับของการพรางแสงอาจส่งผลต่อพัฒนาการของกิ่งปักชำได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพรางแสงระหว่างการปักชำแผ่นใบกวักรมรดต่อการเกิดรากและไรโซมในช่วงฤดูร้อนที่มีแสงแดดจัด และติดตามการเติบโตของยอดใหม่ที่เกิดขึ้นหลังการย้ายปลูก

วิธีการศึกษา

ใบกวักรมรดที่ใช้ในการศึกษา ได้รับอนุเคราะห์จากศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร (พันธุ์พืชเพาะเลี้ยง) จังหวัดสุพรรณบุรี ต้นแม่พันธุ์ปลูกอยู่ในกระถางเซรามิกขนาดใหญ่ เป็นต้นที่สมบูรณ์มีใบขนาดใหญ่จำนวนมากภายในกอหนึ่งๆ คัดเลือกใบประกอบที่มีขนาดโตเต็มที่แล้ว มีจำนวนใบย่อยเฉลี่ย 20 ใบย่อยต่อก้านบรรจุใบในถุงพลาสติกและขนส่งโดยรถยนต์มายังโรงเรือนปลูกพืชทดลองของภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม และทำการปักชำแผ่นใบย่อยภายในวันเดียวกัน โดยใช้แผ่นใบย่อยที่มีขนาดใกล้เคียงกันจากบริเวณส่วนกลางของใบประกอบ แผ่นใบย่อยมีขนาดความกว้างและความยาวเฉลี่ย 3.7 และ 7.6 cm ตามลำดับ ปักชำในตะกร้าพลาสติกที่มีพีทมอสเป็นวัสดุปักชำ ไม่มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อกระตุ้นการเกิดราก นำไปวางในโรงเรือนขยายพันธุ์พืช วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) เพื่อทดสอบผลของการพรางแสงต่อการเกิดรากและไรโซมของแผ่นใบปักชำ โรงเรือนที่ใช้ในการปักชำเป็นโรงเรือนไม้ระแนง ได้รับแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ส่องเข้าได้ทั้งจากด้านบนและด้านข้าง ไม้ระแนงแบบหนึ่งเว้นหนึ่ง จึงลดปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในโรงเรือนได้ประมาณ 50% มีหลังคาพลาสติกใสเพื่อกันฝน ซึ่งจะเรียกว่า สภาพไม่พรางแสง (non-shading condition) ส่วนสภาพพรางแสง (shading condition) เป็นการพรางแสงเพิ่มเติมในโรงเรือนเดียวกัน โดยใช้ตาข่ายพรางแสงพลาสติกโพลีเอทิลีนสีดำที่ระบุว่าพรางแสงได้ 80% ซึ่งบนโครงรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทำจากท่อพีวีซี เพื่อพรางแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาจากทั้งด้านบนและด้านข้าง ตาข่ายพรางแสงด้านบนอยู่สูงจากระดับของแผ่นใบปักชำ 60 cm ในแต่ละสภาพแสงใช้แผ่นใบปักชำจำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 15 ใบย่อย (รวม 45 ใบต่อกรรมวิธี) รดน้ำให้ความชุ่มชื้นกับแผ่นใบปักชำทุก 2 วัน บันทึกข้อมูลความเข้มแสงที่ระดับแผ่นใบปักชำในช่วงเช้า (9.00 – 10.00 น.) กลางวัน (11.00 – 14.00 น.) และช่วงบ่ายถึงเย็น (15.00 – 17.00 น.) ด้วยเครื่อง Light meter รุ่น LI-COR 250 (LI-COR Inc. เนบราสก้า สหรัฐอเมริกา) มีหน่วยเป็น $\mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ทุก 10 วัน บันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ช่วงเวลากลางวันระหว่างการปักชำเป็นเวลา 2 เดือนระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม เมื่อครบกำหนด ทำการบันทึกผล จำนวนใบย่อยที่เกิดราก และไรโซม จำนวนรากใหม่ที่เกิดขึ้น วัดความยาวรากจากส่วนที่ติดกับไรโซมไปจนถึงปลายราก และวัดขนาดความกว้างและความยาวของไรโซม

นำแผ่นใบปักชำที่เกิดรากและไรโซมในแต่ละกรรมวิธีไปปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 4 นิ้ว โดยใช้กบมะพร้าวสับ ดิน และแกลบ ผสมกันเป็นวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร เพื่อติดตามการเกิดยอดใหม่และขนาดของยอดใหม่ที่ได้ โดยวางพืชทดสอบทั้งหมดในโรงเรือนระแนงที่มีหลังคาพลาสติกกันฝนเป็นเวลา 8 เดือน ได้รับความเข้มแสงเฉลี่ย $975.1 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ในช่วง 4 เดือนแรก และในช่วง 4 เดือนต่อมา มีการพรางแสงเพิ่มเติม มีความเข้มแสงเฉลี่ย $785.3 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ให้น้ำปุ๋ยละลายช้า (ออสโมโค้ท) สูตร 13-13-13 อัตรา 0.5 g/กระถาง หลังจากการย้ายปลูก 1 สัปดาห์ และมีการให้น้ำทุกๆ 2-3 วัน หลังการย้ายปลูก 4 และ 8 เดือน บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของแผ่นใบปักชำที่มีการเกิดยอดใหม่ จำนวนยอดใหม่ที่เกิดขึ้นต่อแผ่นใบย่อย วัดความสูงของยอดใหม่ และนับจำนวนใบย่อยต่อยอด เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีของค่าสังเกตด้วย *t*-test ที่ *p*-value < 0.05

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความเข้มแสงระหว่างการปักชำ

สภาพภายในโรงเรือนระแนง มีความเข้มแสงในช่วงเช้าของเดือนเมษายน และพฤษภาคม ผันแปรระหว่าง $209.12 - 447.05 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $328.09 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงพลาสติกสีดำทำให้ความเข้มแสงลดลงมาอยู่ระหว่าง $166.42 - 278.43 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $222.43 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (Fig. 1A) ช่วงกลางวันระหว่าง 11:00 - 14:00 น. เป็นช่วงที่ความเข้มแสงมีค่าสูงสุดในรอบวัน มีค่าผันแปรระหว่าง $546.27 - 1,023.08 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $784.68 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) การพรางแสงทำให้ความเข้มแสงช่วงกลางวันลดลงมาอยู่ระหว่าง $273.28 - 576.12 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $424.70 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) คือทำให้ความเข้มแสงลงได้ประมาณ 50 - 60 เปอร์เซ็นต์ (Fig.1B) ช่วงบ่ายถึงเย็นความเข้มแสงลดลงจากช่วงกลางวัน มีค่าผันแปรระหว่าง $321.54 - 876.43 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $598.99 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) การพรางแสงทำให้ความเข้มแสงลดลงมาอยู่ระหว่าง $167.02 - 432.12 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $299.57 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (Fig. 1C) ตาข่ายพรางแสงมีคุณสมบัติขัดขวางการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะผ่านลงมา ซึ่งนอกจากทำให้ความเข้มแสงลดลงแล้ว ยังส่งผลให้เกิดการกระเจิงของแสง (light scattering) ได้เป็นแสงนุ่ม (diffuse light) ซึ่งเป็นสภาพแสงที่พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแสงแดดที่ได้รับโดยตรง (Healey *et al.*, 1998)

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการปักชำ

อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตอนกลางวันในโรงเรือนระแนงในช่วงเดือนเมษายน และพฤษภาคม ในสภาพที่ไม่พรางแสง มีค่าสูงมาก ($43 - 44^{\circ}\text{C}$) การพรางแสงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด คือมีอุณหภูมิสูงสุดระหว่าง $37.8 - 38.9^{\circ}\text{C}$ ขณะเดียวกัน การพรางแสงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพิ่มขึ้น 8 - 13% (Table 1) อุณหภูมิภายในโรงเรือนผันแปรโดยตรงกับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามาในโรงเรือน การพรางแสงทั้งจากด้านบนและด้านข้างในการทดลองนี้ช่วยลดปริมาณรังสีที่ผ่านเข้ามาบริเวณแผ่นใบปักชำ จึงทำให้อุณหภูมิลดลง และตาข่ายพรางแสงยังช่วยลดการเคลื่อนที่ของอากาศ การถ่ายเทความชื้นสู่ภายนอกซึ่งสภาพอากาศแห้งกว่าจึงเกิดขึ้นได้น้อย ทำให้ความชื้นจากการคายน้ำของใบพืช และการระเหยของน้ำจากวัสดุปักชำสะสมเพิ่มขึ้น (Elad *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตามตาข่ายพรางแสงพลาสติกสีดำสามารถดูดซับพลังงานความร้อนจากแสงไว้ และคายออกสู่บริเวณใกล้เคียง ทำให้อุณหภูมิตอนกลางวันในบริเวณที่ตาข่ายพรางแสงปกคลุมยังคงสูงอยู่ (Stamps, 2009)

Table 1 Effect of black plastic net shading on temperature and relative humidity in a lath-house.

Month	Treatments	Temperature (°C)		RH (%)
		Minimum	Maximum	
April	Non-shading	34.0	43.0	<58
	Shading	32.8	37.8	71
May	Non-shading	35.0	44.0	63
	Shading	30.9	38.9	71

การเกิดรากและไรโซมของแผ่นใบแก้วมรดก

หลังการปักชำ 2 เดือน แผ่นใบแก้วมรดกทั้งหมด (100%) เกิดราก และ สร้างไรโซมขนาดเล็ก 1 ไรโซมที่บริเวณโคนใบ แผ่นใบที่ปักชำในสภาพแสงทั้ง 2 ระดับ มีความยาวราก และขนาดไรโซมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lopez *et al.* (2009) ที่พบว่าสภาพการปักชำที่มีความยาววัน 12 ชั่วโมง ปริมาณแสงรวมที่ได้รับในรอบวัน (DLI) ระหว่าง 0.9–2.2 mol.m⁻².day⁻¹ ไม่ทำให้จำนวนไรโซมที่ได้จากการปักชำแผ่นใบแก้วมรดกแตกต่างกัน แต่การปักชำในสภาพไม่พรางแสง ให้จำนวนรากใหม่ต่อแผ่นใบน้อยกว่าการปักชำในสภาพพรางแสง (Table 2) ซึ่งส่วนนี้อาจเกี่ยวข้องกับปริมาณแสงรวมที่ได้รับในรอบวันที่เพิ่มขึ้น มีรายงานว่าปริมาณแสงรวมที่ได้รับในรอบวันที่เพิ่มขึ้นจาก 1.2 เป็น 3.9 mol.m⁻².day⁻¹ ทำให้กิ่งปักชำพืทูเนี่ยมีจำนวนรากเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว (Lopez and Runkle, 2005) และเมื่อแผ่นใบแก้วมรดกเริ่มเกิดราก (ประมาณ 1 เดือนหลังการปักชำ) การใช้ประโยชน์จากแสงที่ได้รับเพื่อการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น (Svenson and Davies, 1990) สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตและสารอินทรีย์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเติบโตของไรโซมและรากใหม่ได้มากขึ้นด้วย แม้ว่าในการทดลองนี้ การพรางแสงจะช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศในโรงเรือนระแนงในตอนกลางวันของช่วงฤดูร้อนได้ แต่ยังคงมีความเข้มแสง และอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปักชำแผ่นใบแก้วมรดกที่เคยมีรายงานไว้ คือความเข้มแสง 200–300 μmol.m⁻².s⁻¹ และอุณหภูมิ 24–29°C (Chen and Henny, 2003) อย่างไรก็ตามแผ่นใบแก้วมรดกที่ปักชำในสภาพแสงที่ต่างกันในการทดลองนี้ สามารถเกิดรากและไรโซมได้เหมือนกัน แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเกิดรากและไรโซมของพืชชนิดนี้มีความยืดหยุ่นสูงต่อสภาพแวดล้อมในการปักชำที่ได้รับ (รัชต สีนทนะโยธิน และคณะ, 2557) Cutter (1962) รายงานว่าแผ่นใบแก้วมรดกมีคาร์โบไฮเดรตสะสม และสารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเกิดรากและไรโซมมากเพียงพอ สามารถเกิดรากและไรโซมได้แม้ว่าแผ่นใบอยู่ในที่มีมืดตลอดเวลาในระหว่างการปักชำ แต่การที่แผ่นใบที่อยู่บนต้นแม่ไม่ได้รับแสงเป็นเวลานานต่อเนื่องหลายสัปดาห์ซึ่งส่งผลให้มีการสร้างคาร์โบไฮเดรตได้น้อยลง เมื่อนำมาปักชำจะเกิดรากและไรโซมช้า และไรโซมมีขนาดเล็ก

Table 2 Effect of black plastic net shading on rooting, number of roots and root length per cutting, rhizome formation and rhizome size of ZZ plant leaflet cuttings at 2 months after propagation.

Treatments	Rooting (%)	Number of roots	Root length (cm)	Rhizome Formation (%)	Rhizome size (cm)	
					Width	Length
Non-shading	100	10.0	3.9	100	1.6	2.1
Shading	100	8.0	3.7	100	1.6	2.1
t-test	ns	**	ns	ns	ns	ns

** Significantly different at $p < 0.01$ by *t*-test

ns = non-significantly different ($p > 0.05$)

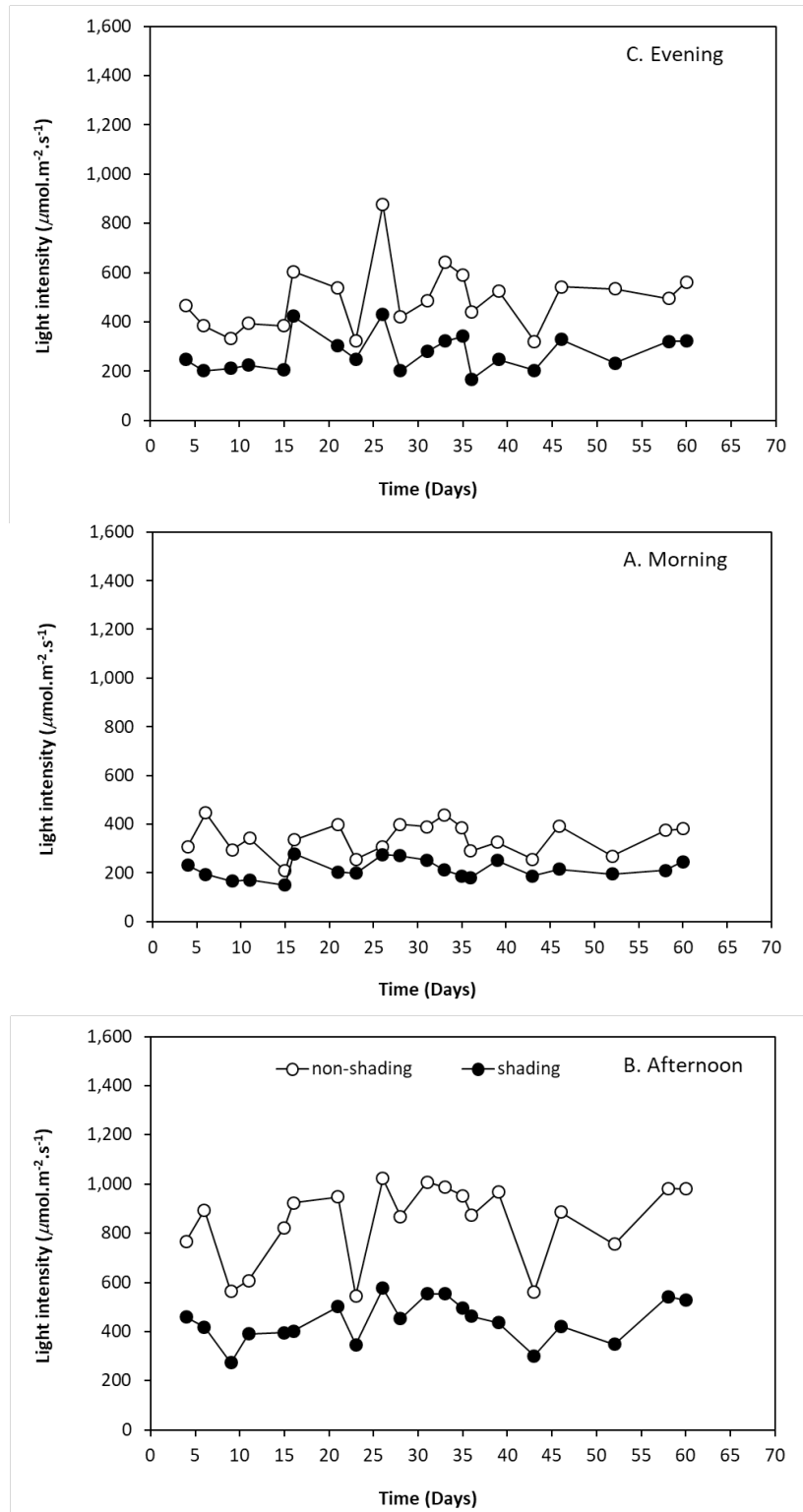


Figure 1 Effect of black plastic net shading on light intensity under a lath-house condition in the morning (A), afternoon (B) and evening (C) during the 2 – month period of ZZ plant leaflet cutting propagation.

การเกิดยอดใหม่หลังการย้ายปลูกแผ่นใบปักชำที่เกิดรากแล้ว

หลังการย้ายปลูก 4 เดือนแรก แผ่นใบปักชำที่ผ่านการปักชำในสภาพไม่พรางแสง และพรางแสง เกิดยอดใหม่ยอดแรกเพียง 20% ส่วนที่เหลือใบยังคงเขียวสด การเกิดยอดใหม่ในการทดลองนี้ช้ากว่าที่เคยมีรายงานไว้ในต่างประเทศซึ่งใช้เวลาเพียง 40 – 50 วัน (Blanchard and Lopez, 2007) ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะสภาพความเข้มแสงที่พืชได้รับในช่วง 4 เดือนแรกค่อนข้างสูง มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน $975.1 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ขณะที่สภาพที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกวักรากเป็นไม้ประดับกระถางนั้น แนะนำไว้ที่ระดับความเข้มแสง $250 - 500 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ อุณหภูมิ $21 - 32^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ 50 – 95% (Chen et al., 2004) สภาพความเข้มแสงที่มากเกินไป ซึ่งน่าจะส่งผลให้ระดับอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นด้วยนั้น อาจมีผลให้เกิดสภาพเครียด และพืชเกิดการพักตัว ต้นกวักรากที่เติบโตในสภาพธรรมชาติจะพักตัว และทิ้งใบเมื่อเกิดสภาวะแห้งแล้ง (Chen and Henny, 2003) จากการทดลองพบว่า ลักษณะของยอดใหม่ที่เกิดขึ้นมีความผันแปร มีทั้งยอดสั้นมีเพียงใบย่อย 2 ใบต่อยอด และยอดที่ยาวขึ้น มี 4 – 6 ใบย่อยต่อยอด ทำให้ค่าความยาวยอดใหม่ของทั้งสองกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) แผ่นใบปักชำที่ปักชำในสภาพไม่พรางแสง ซึ่งมีจำนวนรากต่อแผ่นใบมากกว่า (Table 2) ให้จำนวนใบย่อยต่อยอดมากกว่าแผ่นใบที่ปักชำในสภาพพรางแสง (Table 3)

Table 3 Effect black plastic net shading during propagation on new shoot formation, shoot length and number of leaflets per shoot of ZZ plant rooted cuttings at 4 and 8 months after planting (MAP).

Treatments	Cutting with new shoot (%)	Shoot length (cm)	Number of Leaflets/shoot
4 MAP			
Non-shading	20.0	11.5	5.0
Shading	20.0	8.6	3.0
<i>t</i> -test	ns	ns	*
8 MAP			
Non-shading	84.4	12.4	5.8
Shading	84.4	12.2	5.0
<i>t</i> -test	ns	ns	ns

* Significantly different at $p < 0.05$ by *t*-test

ns = non-significantly different ($p > 0.05$)

หลังจากการย้ายปลูก 4 เดือนแรก ได้พรางแสงเพิ่มขึ้นให้กับต้นพืชทดลอง มีความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน $785.3 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ พบว่าหลังการย้ายปลูก 8 เดือน จำนวนแผ่นใบปักชำที่ปักชำในสภาพไม่พรางแสง และพรางแสง เกิดยอดใหม่เพิ่มขึ้นเป็น 84.4% เท่ากัน มีจำนวนยอดใหม่ต่อดัน 1-3 ยอด มีจำนวนใบย่อยต่อยอดและความยาวยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) และส่วนของแผ่นใบปักชำเริ่มเสื่อมสภาพและแห้งไป คาดว่าการพัฒนาของยอดใหม่ของแผ่นใบปักชำที่ปักชำในสภาพไม่พรางแสงเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับหลังการย้ายปลูกมากกว่าเป็นผลต่อเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับในระหว่างการปักชำ สอดคล้องกับรายงานของ Lopez et al. (2009)

ที่พบว่า ปริมาณแสงรวมในรอบวัน (DLI) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดยอดใหม่ยอดแรก

สรุปผลการศึกษา

การพร่างแสงด้วยตาข่ายพลาสติกพร่างแสงสีดำนาระหว่างการปักชำแผ่นใบย่อยของกวักรมรด ช่วยลดความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวันในโรงเรือนระแนงที่มีหลังคาพลาสติกกันฝนได้ 50 – 60% การพร่างแสงไม่ส่งผลต่อความสามารถในการเกิดราก และโรซึมของแผ่นใบปักชำ รวมทั้งขนาดรากและโรซึมที่ได้ แต่ทำให้มีจำนวนรากต่อแผ่นใบปักชำลดลง หลังการย้ายปลูกแผ่นใบปักชำที่เกิดรากและโรซึมแล้วในกระถางขนาด 4 นิ้ว วางในโรงเรือนระแนงที่มีหลังคา กันฝน ภายใต้ความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน $975.1 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ นาน 4 เดือนพบว่า พีชเกิดยอดใหม่ได้น้อย และมีความยาวยอดใหม่ไม่แตกต่างกัน และการพร่างแสงระหว่างปักชำยังทำให้จำนวนใบย่อยต่อยอดลดลง ในช่วง 4 เดือนถัดมา การพร่างแสงให้มีความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวันลดลงจากเดิม 20% ทำให้พีชเกิดยอดใหม่เพิ่มขึ้นเป็น 84.4% โดยสภาพแสงทั้ง 2 ระดับระหว่างการปักชำไม่ทำให้ความยาวยอด และจำนวนใบย่อยต่อยอดแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการพร่างแสงด้วยตาข่ายพร่างแสงพลาสติกสีดำนาระหว่างการปักชำแผ่นใบย่อยของต้นกวักรมรดในพีทมอส ภายใต้สภาพโรงเรือนระแนงมีหลังคาพลาสติกกันฝนในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ยังไม่ทำให้การเกิดรากและโรซึมดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร (พันธุ์พืชเพาะเลี้ยง) จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบกวักรมรดในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- รชต สีนทนะโยธิน กฤษณา กฤษณพุกด์ และ ลพ ภวภูตานนท์. 2557. อิทธิพลของวัสดุปักชำต่อการเกิดรากและโรซึมในการปักชำแผ่นใบของกวักรมรด. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3: 17 – 25.
- Blanchard, M. G. and R.G. Lopez. 2007. ZZ plant is an easy choice for tough indoor use. *Greenhouse Production and Management Magazine (January)*: 50 – 56.
- Chen, J. and R. J. Henny. 2003. ZZ: A unique tropical ornamental foliage plant. *HortTech*. 13: 458 – 462.
- Chen, J., R. J. Henny and D. B. McConnell. 2004. *Cultural guidelines for commercial production of interiorscape ZZ (Zamioculcas zamiifolia)*. Document no. ENH997. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 3 p.
- Cutter, E.G. 1962. Regeneration in *Zamioculcas*: an experimental study. *Annals Bot.* 26: 55 – 70.
- Elad, Y., Y. Messika, M. Brand, D. R. David and A. Sztejnberg. 2007. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Phytoparasitica* 35: 285 – 299.
- Healey, K. D., K. G. Rickert, G. L. Hammer and M. P. Bange. 1998. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. *Aust. J. Agr. Res.* 49: 665 – 672.
- Lopez, R. G., M. G. Blanchard and E. S. Runkle. 2009. Propagation and production of *Zamioculcas zamiifolia*. *Acta Hort.* 813: 559 – 564.
- Runkle, E. 2016. Managing light to improve rooting of cuttings. *Greenhouse Production and Management Magazine (September)*: 62.
- Stamps, R. H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. *HortSci*. 44: 239 – 241.
- Svenson, S. E. and F. T. Davies, Jr. 1990. Relation of photosynthesis, growth and rooting during poinsettia propagation. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 103: 174 – 176.

Tombesi, S., A. Palliotti, S. Poni and D. Fallinelli. 2015. Influence of light and shoot development stage on leaf photosynthesis and carbohydrate status during the adventitious root formation in cuttings of *Corylus avellana* L. *Front. Plant Sci.* 6: 1 – 13.

วันรับบทความ (Received date) : 28 พ.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 31 ส.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 พ.ย. 61