

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยวิธีสภาวะเร่ง

Shelf Life Evaluation of Mixed Tea Product from Mulberry Leaf and Fruit Using Accelerated Testing Method

ธนกิจ ถาหมี^{1*} พิไลรัก อินธิปัญญา² และ ดุษฎี บุญธรรม³
Tanakij Thamee^{1*}, Pilairuk Intipunya² and Dussadee Buntam³

¹ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ อ. เด่นชัย จ. แพร่ 54110

¹Queen Sirikit Sericulture Center (Phrae), Den Chai, Phrae 54110, Thailand

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

²Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อ. เมือง จ. อุดรดิตถ์ 53000

³Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000, Thailand

*Corresponding author: Email: tana_142@hotmail.com

(Received: 10 March 2017; Accepted: 27 July 2017)

Abstract: The objective of this research was to evaluated shelf life of mixed tea product from mulberry leaf and fruit using accelerated shelf life testing method (ASLT; Q_{10}). Mixed mulberry tea products were stored at 35, 45 and 55°C for 60 days and kept after that annoying expiration date by thiobarbituric acid (TBA) value over than 1.6 mg MDA/kg. It was found that mixed mulberry tea had total microbial counts compared with the Thai Agricultural Standard (Mulberry leaf tea, TAS 3000-2009) and Thai Community Product Standard (Mulberry leaf tea, TCPS 30-2015). Shelf life of the product by using accelerated shelf life testing method found that the storage conditions at 55 and 45°C were 52 and 121 days, respectively while the predicted shelf life of the mixed mulberry tea product at 30 and 5 °C were 346 and 2,304 days, respectively.

Keywords: Shelf life evaluation, prediction, shelf life, mulberry fruit, mulberry leaf, ASLT method, antioxidant

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งของผสมผลหม่อนและใบหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง (ASLT; Q10) ด้วยการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 °ซ เป็นเวลานาน 60 วัน และเก็บรักษาต่อจนหมดอายุของผลผลิตมันฝรั่ง โดยวัดค่า TBA เกิน 1.6 mg MDA/kg พบว่า ผลผลิตมันฝรั่งมีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลผลิตมันฝรั่งใบหม่อน มกษ.3000-2552 และมาตรฐานผลผลิตมันฝรั่งลินคำชุมชน มผช.30-2558 จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งโดยวิธีสภาวะเร่ง พบว่าเมื่อเก็บผลผลิตมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 55 และ 45 °ซ ผลผลิตมันฝรั่งเก็บได้นาน 52 และ 121 วัน ตามลำดับ ขณะที่การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งที่ 30 และ 5 °ซ ผลผลิตมันฝรั่งเก็บได้นาน 345 และ 2,304 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินอายุการเก็บ การพยากรณ์ อายุการเก็บรักษา ผลหม่อน ใบหม่อน วิธีสภาวะเร่ง สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนเป็นการพัฒนาผลผลิตใหม่ ทำให้เกิดความหลากหลาย และมีรูปแบบชาที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น การนำใบหม่อนและผลหม่อนมาเป็นส่วนประกอบหลัก โดยชาที่ได้มีประโยชน์จากผลหม่อนและใบหม่อน ได้ผลผลิตชาชงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ประกอบกับในผลผลิตชาชงนี้จะมีสีชมพูที่แปลกตาจากผลผลิตชาใบหม่อนทั่วไปและชายังคงมีกลิ่นที่หอมอีกด้วย (ธนกิจ และพีไลรัก, 2559)

ในการพัฒนาผลผลิตอาหารนั้น อายุการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมคุณภาพอาหารให้ยังคงมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง (ราณี และคณะ, 2557) อายุการเก็บรักษาของผลผลิตที่เป็นระยะเวลาที่ผลผลิตอาหารยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภค มีคุณภาพด้านต่าง ๆ เป็นที่ยอมรับ และเป็นไปตามฉลากรวมถึงข้อมูลทางโภชนาการของผลผลิตนั้น ๆ จึงจำเป็นต้องเก็บในสภาวะที่กำหนด (Kilcast and Subramaniam, 2000) ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลผลิตทำให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าผลผลิตนั้นยังคงมีคุณภาพดี ไม่มีการเสื่อมเสีย และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ในระยะเวลาที่ระบุ การศึกษาอายุการเก็บของผลผลิตสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำผลผลิตไปเก็บในสภาพการวางจำหน่ายจริง แต่ต้องใช้ระยะเวลาที่นานกว่าจึงจะได้อายุการเก็บจริง ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองต้นทุนในการเก็บรักษา ซึ่งในกระบวนการพัฒนาผลผลิตนั้น จำเป็นต้องประเมินอายุการเก็บ

รักษาในเวลาอันสั้น เพื่อให้ทันต่อความต้องการด้านการตลาด ด้วยเหตุนี้การใช้เทคนิควิธีสภาวะเร่งโดยทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง เป็นต้น นอกจากนี้อายุการเก็บรักษาของผลผลิตก็ยังขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยา ในปัจจุบันนิยมใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยเร่ง เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเป็นอย่างมาก (รุ่งนภา, 2550)

ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลผลิตชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยใช้วิธีเร่งอุณหภูมิ โดยใช้ค่ากรด thiobarbituric (TBA) เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษา ช่วยให้สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาได้เร็วยิ่งขึ้นและการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลผลิตชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการเก็บรักษาผลผลิตให้คงคุณภาพยอมรับได้ตามระยะเวลาที่ระบุ

อุปกรณ์และวิธีการ

องค์ประกอบและคุณภาพของชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

ผลิตชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนตามวิธีการของ ธนกิจ และพีไลรัก (2559) โดยนำใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ผลหม่อนสุกยังไม่เต็มที่พันธุ์เชียงใหม่ และผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ ล้างทำความสะอาด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ บดให้ละเอียด นำไปผสมตามอัตราส่วนดังนี้ ใบหม่อนอบแห้งร้อยละ 30 ผลหม่อนสุกยังไม่เต็มที่อบแห้งร้อยละ 24 และผลหม่อนสุกอบแห้งร้อยละ 46 นำ

ตัวอย่างชาลงในสัปดาห์เริ่มต้นวิเคราะห์หา ความชื้น เถ้า (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w) (AQUA Lab รุ่น CX3TX) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง ส่วนค่าสี L, a^* , b^* (Minolta chroma meter รุ่น CR-300) สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (Mahattanatawee *et al.*, 2006) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Ranganna, 1991) ปริมาณแคโรทีน ปริมาณคาเทชิน (Fecka and Turek, 2008) ปริมาณแทนนิน (AOAC, 2005) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง โดยนำชาผงจำนวนละ 2.5 กรัม แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 98 °C ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นาน 2 นาที จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 2001) ยีสต์และรา (Tourmas *et al.*, 2001) *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. (AOAC, 2005) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ เทียบเคียงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องชาใบหม่อน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552; สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2558)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาอายุการเก็บรักษาสลัดผักแช่แข็งในหมอนผสมผลหมอนในสภาวะเร่ง (accelerated shelf life testing) โดยบรรจุในซองอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับบรรจุชา 2.5 กรัม จำนวน 10 ซอง เร่งการเก็บที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 35, 45 และ 55 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน โดยใน 1 ตัวอย่างประกอบด้วยซองบรรจุชา 2.5 กรัม จำนวน 10 ซอง ต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้งโดยใช้จากซองใหม่ทุกครั้งเป็นเวลา 60 วัน และเก็บต่อจนกว่าผลิตภัณฑ์มีค่า TBA สูงเกิน 1.6 mg MDA/kg มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ได้แก่ เปอร์เซนต์ความชื้น (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w) (AQUA Lab : CX3TX, USA) ค่ากรด thiobarbituric (TBA) (Tarlidgis *et al.*, 1960) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 2001) และยีสต์และรา (Tourmas *et al.*, 2001) *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. (AOAC, 2005) และ ค่าสี L, a^* , b^* (Minolta: CR-300, Japan)

การคำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

การหาอายุการเก็บรักษาโดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า accelerated shelf life testing (ASLT) ด้วยการใส่ค่า Q_{10} Factor ซึ่งเป็นวิธีการสากลที่นิยมใช้ในการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เวลาการหาสั้นและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่สามารถคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องทดลองทุกอุณหภูมิ และยังใช้ประเมินอายุการเก็บที่เหลือหลังจากการเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้วได้เช่นกัน (Labuza, 1982; Labuza and Schmidl, 1985) แต่มีข้อจำกัดสำหรับอาหารบางชนิด เช่น การเพิ่มอุณหภูมิในระยะการบ่มอาจจะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีและกายภาพบางชนิด ทำให้การคาดคะเนอายุมีความคลาดเคลื่อนได้ (ศจี, 2551) ซึ่งการอธิบายความสัมพันธ์ของค่า Q_{10} และ Q_1 ได้ต่อไปนี้ (Mizrahi, 2004)

$$Q_{10} = \frac{\theta_{s(T)}}{\theta_{s(T+10)}} \text{ และ } Q_1 = Q_{10}^{0.1}$$

$$Q^{\Delta T} = \frac{Q_{s(T)}}{Q_{s(T+\Delta T)}}$$

- เมื่อ $\theta_{s(T)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)
 $\theta_{s(T+10)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T + 10 (วัน)
 Q_{10} = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส
 Q_1 = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบและคุณภาพของชาใบหม่อนผสมผลหมอน

ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผสมผลหมอนมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Table 1. Physical, chemical and microbiological qualities of mixed mulberry tea product

Quality	Value	Standard of mulberry leaf tea from TAS & TCPS
Physical Qualities		
Colour L*	40.71 ± 0.38	NS
a*	4.43 ± 0.36	NS
b*	4.21 ± 0.30	NS
Water activity (a_w)	0.273 ± 0.002	NS
Chemical qualities		
Moisture content (g/100g)	4.22 ± 0.12	<6
Ash (g/100g)	5.38 ± 0.33	NS
Tannin (g/100g)	0.327 ± 0.09	NS
Catechin (mg/l)	406.62 ± 1.22	NS
Quercetin (mg/l)	100.60 ± 0.65	NS
Total phenolic compound (mg/ml)	5.67 ± 0.15	NS
Anthocyanin (mg/100ml)	170.49 ± 2.47	NS
EC ₅₀ (mg/100ml)	287.08 ± 13.22	NS
Microbiological qualities		
Total plate count (cfu/g)	<250 ± 0.00	1 × 10 ⁴
Yeasts and moulds (cfu/g)	<25 ± 0.00	100
<i>Staphylococcus aureus</i> (BAM)	<0.1 ± 0.00	<0.1
<i>Salmonella</i> spp. (BAM)	<25 ± 0.00	<25

Mean of 3 samples ± standard deviation

NS = not specific

และมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องชาใบหม่อน โดยมี ความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ไม่เกิน 0.75 ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 4-7 และปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่าที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐาน สินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552; สำนักงาน มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2558)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสม ผลหม่อนที่เหมาะสมบรรจุซองอลูมิเนียมพอยล์เคลือบ ด้วยพลาสติกชนิด PET (polyethylene terephthalate) ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน เป็นระยะเวลา 60 วัน วิเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ โดยพบว่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่ม มากขึ้นตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาผลของ อุณหภูมิต่อปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตีในภาพ ที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิ วิติของชาชงเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจากผลหม่อนอยู่เมื่อ อุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นการเกิดอันตรกิริยาระหว่าง โมเลกุลทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซับความชื้น (hygroscopicity) ได้เพิ่มขึ้น (Bell and Labuza, 2000) และยังพบว่าปริมาณค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ มีความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย เพราะปริมาณความชื้นเป็น ปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ในอาหาร (นุชนารถ, 2546)

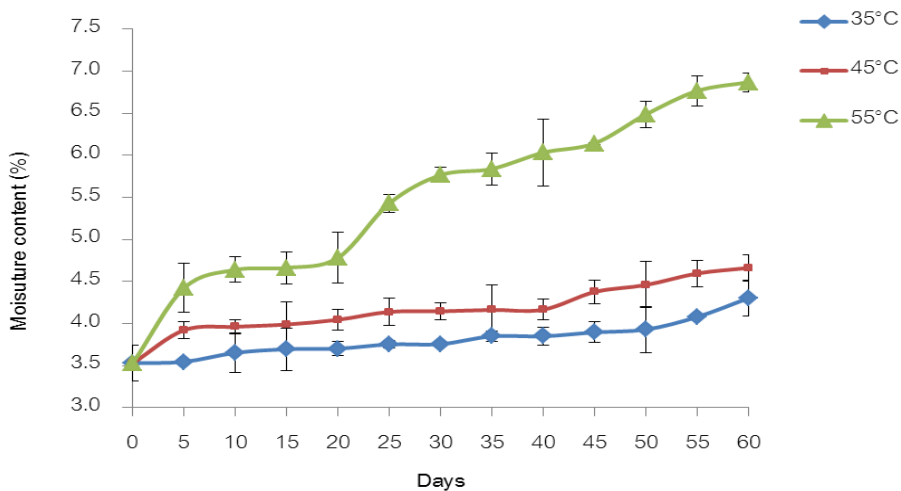


Figure 1. Moisture content of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

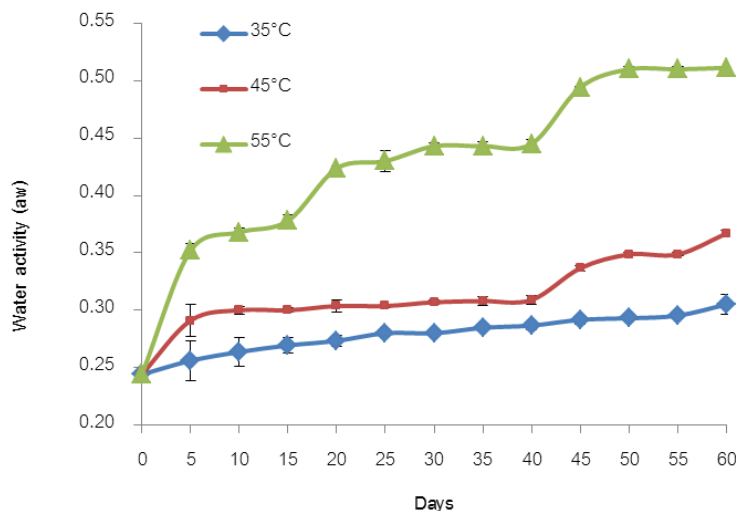


Figure 2. Water activity (aw) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

จากการศึกษาค่าคุณภาพทางด้านสี แสดงค่าความสว่าง (L^*) ดังแสดงในภาพที่ 3 และค่าสีแดง (a^*) ในภาพที่ 4 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาค่าความสว่างลดลงตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา และผลของอุณหภูมิต่อค่าความสว่างของสีลดลงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์ชาชงส่งผลให้เกิดเป็นสารสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นได้ ผลิตภัณฑ์จึงมีสีที่เข้มและคล้ำได้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดในอัตราที่เร็วขึ้นและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (นิริยา, 2557) ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) ดังแสดงใน ภาพที่ 5

พบว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (total color change, ΔE) แสดงในภาพที่ 6 พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีได้มาก

การเปลี่ยนแปลงค่ากรด thiobarbituric (TBA) ระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงใน ภาพที่ 7 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาชาชงค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อค่า TBA พบว่าช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีปริมาณ TBA ที่สูงขึ้นด้วย โดยในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าหากค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

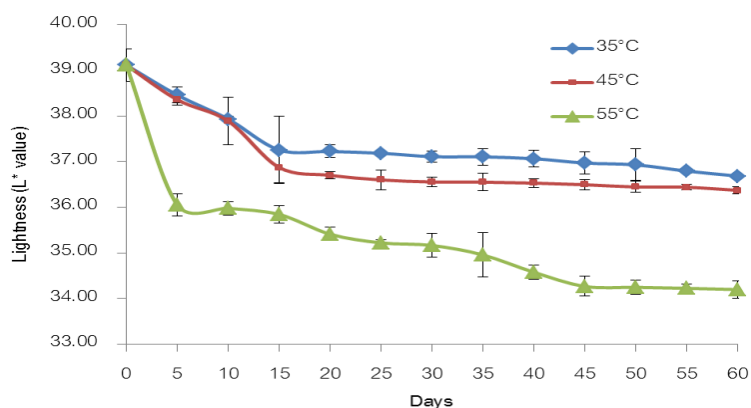


Figure 3. Lightness colour (L^*) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

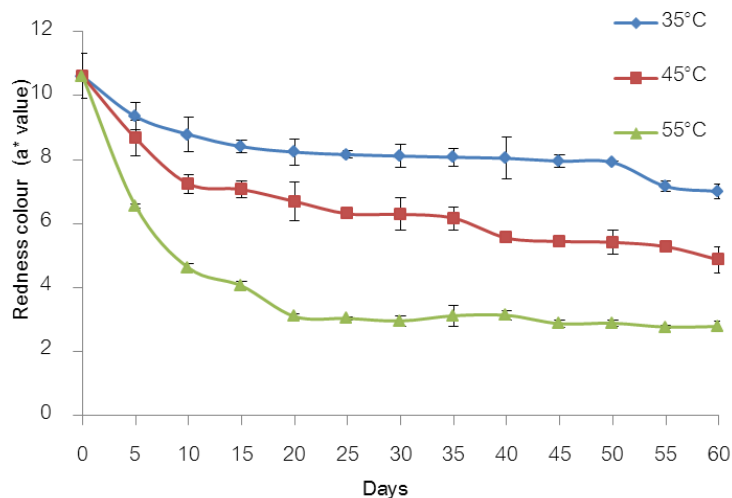


Figure 4. Redness colour (a^*) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

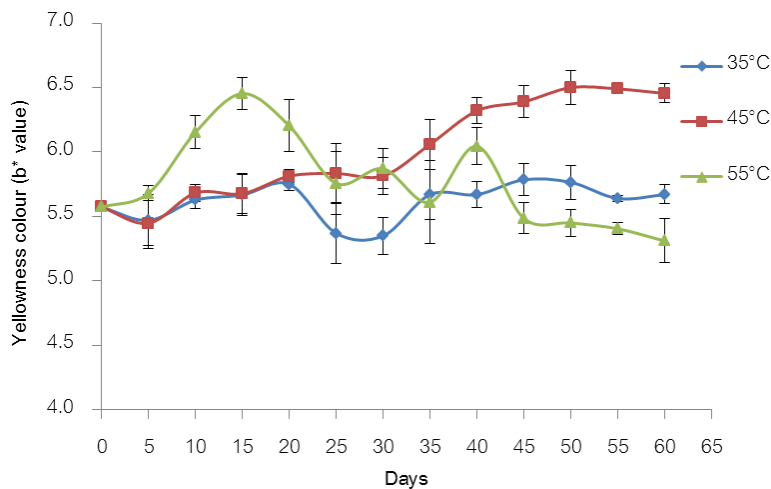


Figure 5. Yellowness colour (b^*) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

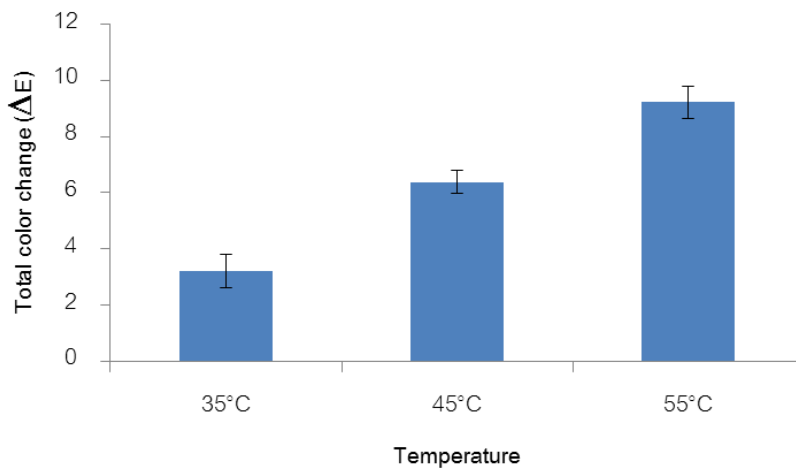


Figure 6. The change of total color difference of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

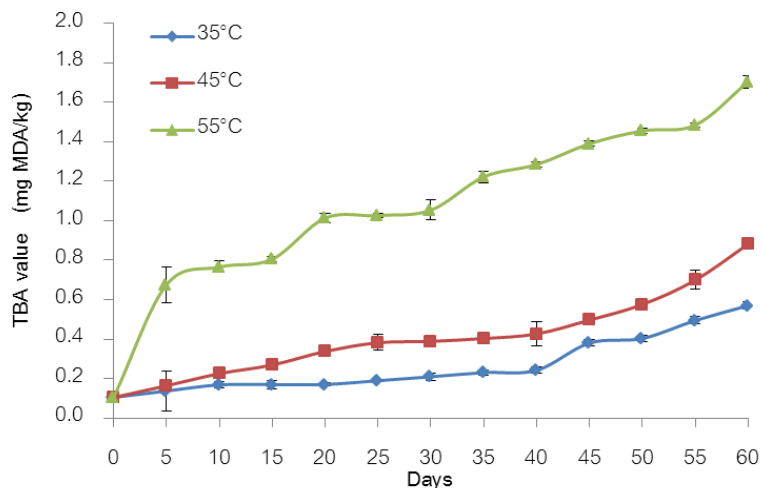


Figure 7. Thiobarbituric acid value (mg MDA/kg) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

คือค่าไม่เกิน 1.6 mg malonaldehyde (MDA)/kg สำหรับอาหารทั่วไป อาหารยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผู้บริโภคยังไม่ได้รับกลิ่นเหม็นหืน (ราณี และคณะ, 2557) สำหรับผลิตภัณฑ์ชาชงพบว่าหากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 55 °C สามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 60 วัน เพราะมีค่า TBA เกิน 1.6 mg MDA/kg เป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2557)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 3 ระดับได้แก่ 35, 45 และ 55 °C พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.6 ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Fennema, 1996) คุณภาพทางจุลินทรีย์จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยเหตุนี้ปัจจัยจากจุลินทรีย์จึงไม่ถูกนำไปวิเคราะห์สัมพันธ์ร่วมต่ออายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Q_{10} เป็นวิธีการเร่งอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียเร็วกว่าปกติ ทำให้สามารถประมาณผลของสภาพการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเลือกสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 55 °ซ เป็นสภาวะที่เร่งอุณหภูมิแล้วนำมาทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อดูระยะเวลาที่สิ้นสุดของผลิตภัณฑ์โดยใช้ค่า TBA ที่สูงกว่า 1.6 mg MDA/kg ผู้บริโภคจะเริ่มได้รับกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์และไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้ (ไพศาล และคณะ 2543; Shamberger *et al.*, 1977) จากการศึกษาพบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 111 วัน (ความชื้นร้อยละ 5.37 ± 0.17 , ค่า TBA 1.592 ± 0.021 mg MDA/kg, ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน) และ 52 วัน (ความชื้นร้อยละ 6.62 ± 0.16 , ค่า TBA 1.534 ± 0.032 mg MDA/kg, ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน) ตามลำดับ เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวมาทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาซึ่งหม่อน จะสามารถคำนวณค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์ได้ (จิราพร และคณะ 2551) จากการประเมินอายุการเก็บรักษาพบว่าสามารถคำนวณค่าอายุการเก็บรักษาที่ 30 °ซ ผลิตภัณฑ์ชาซึ่งเก็บนาน 346 วัน ดังแสดงตามสมการ และจากค่า Q_{10} เท่ากับ 2.134 สามารถนำไปคำนวณหาค่า Q_1 เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 2

$$Q_{10} = \frac{\theta_{S(45)}}{\theta_{S(55)}} = \frac{\theta_{S(45)}}{\theta_{S(55)}} = \frac{111}{52} = 2.134$$

$$Q_1 = 2.134^{0.1} = 1.078$$

$$Q_1^{45-30} = 1.078^{15} = \frac{\theta_{S(30)}}{\theta_{S(45)}} = \frac{\theta_{S(30)}}{111}$$

$$\theta_{S(30)} = 1.078^{15} \times 111 = 346 \text{ วัน}$$

สรุป

การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ชาซึ่งใบหม่อนผสมผลหม่อนหลังการเก็บรักษาโดยการบรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์ปิดซองให้สนิท เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) และค่า thiobarbituric acid (TBA) มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าสีความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มลดลง ค่าสีเหลือง (b^*) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์มีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาโดยวิธีสภาวะเร่ง (accelerated shelf life testing) ที่อุณหภูมิ 55 °ซ สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 52 วัน ส่วนที่อุณหภูมิที่ 45 °ซ สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 111 วัน และเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้ Q_{10} ที่อุณหภูมิ 30 °ซ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 346 วัน ซึ่งโดยปกติผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนจะเก็บได้ประมาณ 10-12 เดือน (300-360 วัน) (อุบลรัตน์ และคณะ 2550) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีอายุการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

Table 2. Predicted shelf life of mixed mulberry tea product at various temperatures

Temperature (°C)	Predicted shelf life (days)
0	3,367
5	2,304
10	1,577
15	1,079
20	738
25	505
30	346

เอกสารอ้างอิง

- จิราพร ลาภสุทธิพร ประเวทย์ ตัญญ์เตมวงศ์ ษรณี ตัญญ์เตมวงศ์ และ จิรวัดณ์ กันต์เกรียงวงศ์. 2551. การทดสอบอายุการเก็บน้ำพริกน้ำเงี้ยวโดยวิธีเร่ง. หน้า 301-309. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. (1-4 กุมภาพันธ์ 2551). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธนิก ธานี และ พิไลรัก อินธิปัญญา. 2559. การพัฒนาสูตรชาขิงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยใช้การทดลองออกแบบส่วนผสม. วารสารเกษตร 32(2): 235-245.
- นุชนารถ ทรัพย์พาณิชย์. 2546. Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาสกัดสมุนไพรอาหาร. วารสารจารย์พา 9(68): 48-51.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2557. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 504 หน้า.
- ไพศาล วุฒิจำนงค์ อนุวัตร แจ่มชัด กมลวรรณ แจ่มชัด ธงชัย สุวรรณลิขิตณ์ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา หทัยรัตน์ ริมศิริ วาณี ชนเห็นชอบ งามทิพย์ ภู่วโรดม และ สุนทรขึ้น ศรีงาม. 2543. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสกัดสมุนไพรอาหารที่ผลิตในประเทศไทยอย่างครบวงจร: การศึกษาอายุการเก็บของผลไม้ไทยทอดกรอบ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- ราณี หวังถวัลย์ ชัชวาล วชิราเรืองวิทย์ วรพจน์ สุนทรสุข และ ประเวทย์ ตัญญ์เตมวงศ์. 2557. การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแต่น้ำสมุนไพรโพรอบเนย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45(2)พิเศษ: 693-699.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. หน้า 106-128. ใน: รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (บก.). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ชาใบหม่อน มกษ. 3000-2552. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 10 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2558. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ชาใบหม่อน มผช 30/2558. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 หน้า.
- ศจี สุวรรณศรี. 2551. หลักการพัฒนามลิตภัณฑ์และการประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 155 หน้า.
- อุบลรัตน์ สิริภทวารวรรณ สุาเรต บราช สุวัธสา พงษ์อำไพ และ สุภาภรณ์ ตักกลาส. 2550. เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน (เพื่อการส่งออก). รายงานการวิจัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 407 หน้า.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington D.C. 1074 p.
- Bell, L.N. and T.P. Labuza. 2000. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. AACC, Eagan Press, Eagan, Minnesota. 123 p.
- Fecka, I. and S. Turek. 2008. Determination of polyphenolic compounds in commercial herbal drugs and spices from Lamiaceae: thyme, wild thyme and sweet marjoram by chromatographic techniques. Food Chemistry 108: 1039-1053.
- Fennema, O.R. 1996. Water and Ice in Food Chemistry. 3rd ed. Marcel Dekker, New York. 1088 p.

- Kilcast, D. and P. Subramaniam. 2000. The Stability and Shelf Life of Food. CRC Press, Boca Raton. 333 p.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. 499 p.
- Labuza, T.P. and M.K. Schmidl, 1985. Accelerated Shelf Life Testing of Foods. Food Technology 39(9): 57-64.
- Mahattanatawee, K., J.A. Manthey, G. Luzio, S.T. Talcott, K. Goodner and E.A. Baldwin. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 7355-7363.
- Maturin, L. and J.T. Peeler. 2001. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3: Aerobic plate count. (Online). Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm> (June 1, 2014).
- Mizrahi, S. 2004. Understanding and Measuring the Shelf Life of Food. F&N Press, Westport. 329 p.
- Ranganna, S. 1991. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 1112 p.
- Shamberger, R.J., B.A. Shamberger and C.E. Willis. 1977. Malonaldehyde content of food. Journal of Nutrition 107: 1404-1409.
- Tarlidgis, B.S., B. M. Watts, M.T. Younathan and L. Dugan. 1960. Determination of thiobarbituric acid value in food. Journal of American Oil Chemists Society 37: 44.
- Tournas, V., M.E. Stack, P.B. Mislivec, H.A. Koch and R. Bandler. 2001. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 18: Yeasts, molds, and mycotoxins. (Online). Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm> (June 1, 2014).
- Waterman, P.G. and S. Mole. 1994. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Methods in Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 238 p.
-