รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : การวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรในท้องถิ่นไทยสู่อุตสาหกรรมยาและการใช้ประโยชน์

2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรและพืชหอมระเหยอย่างยั่งยืนและเพิ่มมูลค่า

กิจกรรม : ศึกษากระบวนการผลิตชาสมุนไพรที่เหมาะสม

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Study on the stability and shelf life of dried herbs

รหัสการทดลอง 01-51-59-02-02-00-03-59

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวศรีสุดา โท้ทอง	สถาบันวิจัยพืชสวน
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวอนัญญา เอกพันธ์	สถาบันวิจัยพืชสวน
	: นางสาวลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์	สถาบันวิจัยพืชสวน
	: นายเกษมศักดิ์ ผลากร	สถาบันวิจัยพืชสวน
	: นางสาวสุนิตรา คามีศักดิ์	สถาบันวิจัยพืชสวน

5. บทคัดย่อ

มะขามป้อม *Phyllanthus emblica* Linn. เป็นพืชสมุนไพรที่สำคัญและเป็นวัตถุดิบของตำรับยาตรีผลาซึ่งเป็นยาแผนโบราณ ผลมะขามป้อมเป็นแหล่งที่มีวิตามินซี (ascorbic acid) มากที่สุด ทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สารสำคัญเหล่านี้จะส่งผลดีต่อการสนับสนุนผลิตภัณฑ์มะขามป้อมเพื่อสุขภาพ สามารถนำมาสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางสุขภาพ ประเภทเครื่องดื่ม เช่น ชาสมุนไพรพร้อมดื่ม เนื้อผลแห้งมะขามป้อมเป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร คุณภาพของวัตถุดิบสมุนไพร การเตรียมตัวอย่างพืช และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้นขึ้นอยู่กับความผันแปรของปริมาณสารและความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้มีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

กรมวิชาการเกษตร

เช่น อุณหภูมิ และความชื้น อาจส่งผลกระทบต่อความคงตัวของสมุนไพร ดังนั้นการเก็บรักษาชาสมุนไพรในอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงมีบทบาทสำคัญในการยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาชาสมุนไพรเพื่อลดการเปลี่ยนสีของชาสมุนไพรในระหว่างทำการเก็บรักษา ซึ่งลักษณะของสีชาสมุนไพรเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการยอมรับผลิตภัณฑ์ มะขามป้อมผงแห้งถูกใส่ไว้ในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศภายใต้สภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิต่างกัน คืออุณหภูมิแช่เย็นที่ 5°C อุณหภูมิแช่แข็งที่ 0°C และอุณหภูมิห้อง (30 °C) นานถึง 12 เดือน คุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างชาสมุนไพรจะถูกวัดโดยใช้เครื่อง Hunter Lab โดยเตรียมน้ำชามะขามป้อมโดยแช่ถุงบรรจุผงชาขนาด 5 กรัมลงในน้ำกลั่นที่ร้อนมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาตร 150 มล. เป็นเวลา 5 นาที ค่าสัมประสิทธิ์ของสี (L*, a*, b*, chroma, hue angle และ ΔE) และ pH, %brix ของชามะขามป้อมที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ จะถูกวัดค่าและวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตัวอย่างชาก่อนการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างชาสมุนไพรที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ทำให้ความคงตัวของชาสมุนไพรลดลงหลังเก็บรักษานาน 1 เดือน ตามข้อมูลระบุว่าค่าสีของชามะขามป้อมที่เป็นข้อกำหนดในการยอมรับผลิตภัณฑ์นั้นได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างชาสมุนไพรที่เก็บรักษาในสภาวะเย็น (อุณหภูมิ 0°C, 5°C) จะให้ค่าสีที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างชาก่อนการเก็บรักษา เนื่องด้วยมีการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อย อีกทั้งในสภาวะเย็นดังกล่าว จะเห็นว่าการมีสีเขียว (a*) ของตัวอย่างชามะขามป้อมได้ลดลงไม่มากในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับค่าสี a* ของตัวอย่างก่อนเก็บรักษา สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ 0°C และ 5°C เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรักษาชามะขามป้อม โดยพิจารณาตามค่าสี a*

คำสำคัญ : มะขามป้อม การเก็บรักษา อุณหภูมิ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Phyllanthus emblica Linn. “Ma-Khaam-Pom” is an important medicinal plant and a raw material of Triphala remedy, Thai traditional medicine. The fruit is a richest source of vitamin C (ascorbic acid) and high antioxidant activity; these substances may contribute to the healthy product of Ma-Khaam-Pom. It can be made into a high-value health promoting reconstituted drink, like as a ready-to-drink herbal tea. The fruit pulp powder is the raw material for production of an herbal drink. Quality of crude drug material, plant preparations and finished products depend upon the content variation and stability during storage. Environmental factors such as temperature and humidity can affect stability. Therefore, storage of herbal tea at an appropriate temperature plays an important role in the extended availability period. This study aimed to evaluate the effect of storage temperature to reduce the color changes during storage, which the color characteristics of the herbal tea is the most important

parameter for the acceptability of the product. The dried powder was stored in vacuum packaging under different storage conditions; refrigerated temperature at 5 °C, frozen temperature at 0 °C and room temperature (30°C) for up to 12 months. The physical quality of the sample was measured using Hunter Lab with Ma-Khaam-Pom tea, which was prepared by soaking 5 g of the powder teabag into 150 ml. of distilled water at 100°C for 5 min. The color indices (L*, a*, b*, chroma, hue angle and ΔE) and pH, %brix of the Ma-Khaam-Pom tea were observed in all storage temperatures and compared with that of the pre-storage samples. The results revealed that, the samples stored at room temperature (30°C) had deceased stability after one month storage period. The data indicated that color values acceptability of Ma-Khaam-Pom tea samples were significantly affected by high storage temperature. The color values of tea samples stored in cold conditions were close to the pre-storage sample resulting in minimum color change. It can be seen that there is not much reduction in the green color (a*) during cold storage when compared to the values of pre-storage. It can be concluded that the temperature at 0°C and 5°C is the most suitable temperature for storage of Ma-Khaam-Pom tea powder based on the a* value.

Keywords : *Phyllanthus emblica*, storage condition, temperature

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

สมุนไพรที่ใช้รูปแบบการบริโภคเช่นเดียวกับชา มักจะเรียกว่า ชาสมุนไพร ซึ่งการชงชาสมุนไพรเป็นการสกัดสารออกฤทธิ์จากสมุนไพรด้วยความร้อนในช่วงสั้น ๆ เพื่อไม่ให้สารที่ไม่ต้องการออกมามากเกินไป และพืชไม่ต้องสัมผัสกับความร้อนมาก จนเสียกลิ่นและรสชาติดังที่เกิดจากวิธีการต้มสมุนไพร ส่วนใหญ่มักจะใช้ในสมุนไพรที่ต้องการคงความอร่อยของกลิ่นรสไว้เพื่อให้ชวนดื่ม เน้นการบำรุงสุขภาพมากกว่าที่จะใช้เป็นยา ทั้งนี้ชาสมุนไพรต้องมีความชื้นตามมาตรฐานที่กำหนด หรือในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ ให้มีความชื้นได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก

การอบแห้งสมุนไพรเป็นการลดปริมาณน้ำให้อยู่ในระดับที่จะสามารถหยุดยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและการเน่าเสีย และการทำงานของเอ็มไซม์ โดยทั่วไปจะอาศัยความร้อนส่งผ่านเข้าไปให้น้ำในวัตถุดิบสมุนไพรสด เพื่อให้น้ำเคลื่อนที่และระเหยออกจากผิววัตถุดิบ ทำให้สมุนไพรมีปริมาณน้ำลดลง สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแล้วจะทำให้ได้ชาสมุนไพรที่มีอายุการเก็บรักษายาวนานในรูปแบบกึ่งสำเร็จรูป ทำให้เกิดความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค

การเก็บรักษาสมุนไพรแห้งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับผลกระทบอย่างมาก ซึ่งมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและการเก็บรักษาสมุนไพรแห้ง เนื่องจากสมุนไพรอบแห้งประกอบด้วยสารประกอบที่ชอบน้ำ

(hydrophilic) เช่น sugars, flavonoids, mucilage, choline, salts เป็นต้น ซึ่งจะดูดความชื้นได้ดี ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและนำไปสู่การเปลี่ยนสี (Kumar, 2013) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของชาสมุนไพร ประกอบด้วย สมุนไพรแห้ง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ และสภาวะการเก็บรักษา เป็นต้น ซึ่งหลังการอบแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี เช่น การเปลี่ยนสี เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) หรือการสลายตัวของรงควัตถุ การลดลงของสารหอมระเหย รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ เป็นต้น Ibrahim and Chong (2008) พบว่าการเก็บรักษาฟ้าทะลายโจรแห้งที่อุณหภูมิ 30±2°C และความชื้นสัมพันธ์ 60±5% สามารถคงรักษาปริมาณสาร andrographolide ได้นานสามเดือน โดยไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ Ali, *et al*. (2018) ว่าคุณภาพของสารสกัดแห้งจากใบพูลจะคงอยู่ได้นาน 6 เดือน เมื่อเก็บในที่มืด 5°C ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสม Morais (2018) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของ raspberry foams พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ ปริมาณออกซิเจน ที่มีค่าสูงในสภาวะการเก็บรักษา จะส่งผลกระทบในเชิงลบต่อคุณภาพของลิตภัณฑ์

มะขามป้อมเป็นพืชสมุนไพร ใช้เป็นทั้งยาแก้ไอ ช่วยให้ชุ่มคอ ยาอายุวัฒนะ บำรุงร่างกาย มีประโยชน์ต่อสุขภาพมีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูง การนำมะขามป้อมมาใช้ทำชาสมุนไพรชนิดกึ่งสำเร็จรูปพร้อมบริโภค หรือชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชง และเครื่องดื่ม เป็นการนำภูมิปัญญามาสู่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรศึกษาสภาพการเก็บรักษามะขามป้อมแห้งในรูปแบบชาสมุนไพรที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการเตรียมวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์
2. เครื่องอบลมร้อน
3. เครื่องวัดสี Spectrophotometer
4. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
5. ตัวอย่างพืช ได้แก่ มะขามป้อม

วิธีการ

วางแผนการทดลอง ไม่มีแผนการทดลอง

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C
กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C
กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง ล้างทำความสะอาดผลมะขามป้อม ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ผ่าแยกเนื้อกับเมล็ด และหั่นเนื้อมะขามป้อมให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปอบแห้ง

กรมวิชาการเกษตร

2. การอบแห้ง ชั่งน้ำหนักเนื้อมะขามป้อมที่หั่นแล้วใส่ลงในถาดอบ ถาดละ 250 กรัม เกลี่ยเนื้อมะขามป้อมให้สม่ำเสมอ จะทำให้เนื้อมะขามป้อมไม่ติดกันเป็นก้อน ทำให้ความร้อนกระจายได้สะดวก และทำให้แห้งเร็วขึ้น โดยจะอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-80°C นาน 6-10 ชั่วโมง

3. การเก็บรักษาชาสมุนไพร นำเนื้อมะขามป้อมที่อบแห้งแล้วไปลดขนาดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ขนาดเนื้อมะขามป้อมมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร (เนื้อมะขามป้อมสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ได้) และบรรจุผงมะขามป้อมในถุงเยื่อกระดาษ ถุงละประมาณ 2 กรัม และใส่ลงในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนด

4. ตรวจสอบคุณภาพด้านสีของชาสมุนไพร หลังเก็บรักษา 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 12 เดือน

5. การวัดค่าสีเพื่อตรวจสอบคุณภาพ โดยสุ่มตัวอย่างชาสมุนไพรจากการเก็บรักษาในแต่ละเดือน และนำตัวอย่างชาสมุนไพร 5 กรัม แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 150 มิลลิลิตร นาน 5 นาที จากนั้นกรองกากด้วยกระดาษกรอง แล้วน้ำสารละลายที่ได้ไปใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพต่อไป

การบันทึกข้อมูล

ตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ค่าสีของน้ำชา (L*, a*, b*, C, h°, ΔE) โดยใช้เครื่อง Hunter Lab
2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH Metter และ%brix
3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ T-test

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2559 สิ้นสุด กันยายน 2563

ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

<u>มะขามป้อมสายต้นลูกกลมจอมบึง ราชบุรี</u>

ลักษณะของผลสดมีขนาดผล ยาว X กว้าง เฉลี่ย 30.58 X 27.29 มม. และเนื้อผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 13.67 กรัม/ผล และน้ำคั้นผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (Brix) 12.12% และ pH 2.74 (ตารางที่ 1) เมื่อนำเนื้อผลสดไปผ่านกรรมวิธีทำแห้งในสภาวะต่างๆ พบว่า น้ำหนักแห้งจะค่อนข้างคงที่ประมาณ 15%-16% ของเนื้อผลสด เมื่ออบลมร้อนนาน 8 ชั่วโมงในทุกอุณหภูมิ โดยมีให้สัดส่วนน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 10: 1.49-1.58 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) นอกจากนี้พบว่าเนื้อผลแห้งที่อบลมร้อนในสภาวะต่างๆ มีโทนสีส้ม-เหลือง-เหลืองเขียว (h° = 85.5-98.7) และ มีค่าสัมประสิทธิ์ L*, a*, b*, C, ΔE ที่มีแนวโน้มแตกต่างกันดังที่แสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า a* มีค่าติดลบในวัตถุแห้งที่ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C นาน 10 ชั่วโมง และอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 80 ^{0}C นาน 6, 8 และ 10 ชั่วโมง ซึ่งค่า a* มีความสำคัญมาก

เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดการมีอยู่ของสาร chlorophyll ที่เป็นสาร polyphenol นั้นเอง (Sonkar *et al*., 2020) เมื่อวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุแห้งที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆ พบว่าความชื้นมีค่าเฉลี่ย ต่ำกว่า 10% เมื่ออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C นาน 10 ชั่วโมง และอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 80 ^{0}C นาน 6, 8 และ 10 ชั่วโมง (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Raaf *et al*. (2022) ว่าปริมาณความชื้นในมะขามป้อมอบแห้งจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งและมีการลดขนาดของวัตถุดิบ

Sonkar *et al*. (2020) กล่าวว่าหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกมะขามป้อมแบบผงที่มีคุณภาพดี ต้องมีสีเขียว โดยพิจารณาจากค่า a* เป็นสำคัญ ซึ่งค่าติดลบ (-a*) แสดงถึงการมีสีเขียว นอกจากนี้ ค่า L* และ b* ควรถูกนำมาใช้ในการคัดเลือกคุณภาพมะขามป้อมแบบผงที่เหมาะสมด้วย เนื่องจากค่า L* และ b* ที่มีค่าสูงได้มีความสำคัญเช่นกัน และใช้ในการตรวจสอบเพื่อการยอบรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวด้วย ผลของการเก็บรักษาเนื้อผลแห้งในรูปชาชงสมุนไพรมะขามป้อมนาน 12 เดือน ได้แสดงผลในตารางที่ 5 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพทางกายภาพ โดยพิจารณาจากสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อม ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของสี L*, a*, b*, C, h° ของตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องมีความแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา อนึ่งตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0°C และ 5°C มีค่าสัมประสิทธิ์ของสี L*, b*, C, h° ที่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาเช่นกัน ยกเว้นค่า a* และค่า ΔE

เมื่อพิจารณาค่า a* ซึ่งบ่งชี้ถึงคุณภาพของชาสมุนไพรมะขามป้อม พบว่า ค่า a* ของตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0^{0}C และ 5^{0}C นาน 12 เดือน มีค่า a* ติดลบ (-0.275 และ -0.3583) เช่นเดียวกับตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา (-0.7375) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และค่า a ติดลบแสดงถึงชาสมุนไพรมะขามป้อมมีสีเขียว ที่บ่งถึงการมีคุณภาพดี ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน มีค่า a* เป็นบวก (1.4167) มีสีแดง และแตกต่างในทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา รวมทั้งตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0 °C, 5 °C ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Sonkar *et al*. (2020) ที่พบว่ามะขามป้อมผงแห้งที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แช่เย็น (4 ± 1°C) มีค่าสีเขียวสูงสุด (0.02–2.03) เมื่อเปรียบเทียบกับที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (27 ± 1°C, 65% RH) และในสภาวะเร่ง (37 ± 1°C, 92% RH) ที่มีค่าสีเขียว 3.28–6.25 และ 4.85–7.95 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่า L* ค่าความสว่าง พบว่าน้ำชงชาสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 0^{0}C, 5^{0}C นาน 12 เดือน มีค่าความสว่างลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาในทางสถิติ โดยค่าความสว่างของตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องมีน้อยกว่าอุณหภูมิ 0^{0}C, 5^{0}C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Sonkar *et al*. (2020) ว่า สภาพอุณหภูมิที่แช่เย็น (4 ± 1°C) ยังคงรักษาความสว่างของมะขามป้อมผงแห้งได้มากที่สุด (68.32–72.13) ตามด้วยผงแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (27 ± 1°C, 65% RH) และในสภาวะเร่ง (37 ± 1°C, 92% RH) ที่มีค่าความสว่าง 51.53–60.58 และ 48.52–55.58 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่า b* (สีเหลือง) พบว่าน้ำชงชาสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 0^{0}C, 5^{0}C นาน 12 เดือน มีค่าสีเหลืองมากกว่าและแตกต่างจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาในทาง

กรมวิชาการเกษตร

สถิติ อีกทั้งตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่า b* สูงกว่าอุณหภูมิ 0^0C, 5^0C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ซึ่งงานวิจัย Sonkar *et al*. (2020) ว่าค่า b* ค่อนข้างมีการผันแปรมาก และพบว่า b* มีค่าน้อยที่สุดในมะขามป้อมผงแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะเร่ง (37 ± 1°C, 92% RH) เท่ากับ 18.15-27.76 เมื่อเปรียบเทียบกับผงแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (27 ± 1°C, 65% และที่สภาพอุณหภูมิที่แช่เย็น (4 ± 1°C) เท่ากับ 19.94-26.31 และ 22.89-28.21 ตามลำดับ

ทั้งนี้การที่ค่า L*, b* ลดลง และค่า a* เพิ่มขึ้น เป็นลักษณะที่แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ในชาชงมะขามป้อม ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการตกค้างของ peroxidases, polyphenoloxidases (PPO) และlipoxigenases การทำลายเอนไซม์ต้องใช้อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะเอนไซม์ PPO ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดสีน้ำตาลนั้น ต้องใช้อุณหภูมิ 95°C 60 วินาทีเพื่อลดเอมไซม์ลง 90% และเอนไซม์ peroxidases ที่ทนร้อนมากที่สุด ต้องใช้อุณหภูมิ 120°C 60 วินาที เพื่อลดเอมไซม์ได้ 90% (Pareek and Kaushik, 2012; พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา) รวมทั้งอาจเกิดจากการสลายตัวของ chlorophyll และเม็ดสีอื่นๆ หรือมีการสร้างเม็ดสีน้ำตาล (ascorbic acid browning และ non-enzymatic Maillard browning) (Gupta *et al*.,2011)

ในสภาพการเก็บรักษาที่เย็น อุณหภูมิ 0^0C และ 5^0C นาน 12 เดือน พบว่าคุณภาพของสีน้ำชงชาสมุนไพรมะขามป้อม (ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าสี L*, a*, b*, h^0, C) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ยกเว้น ค่า ΔE เท่านั้น

ส่วนคุณภาพทางเคมี พบว่าการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0^0C มีค่า pH ไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 5^0C มีค่า pH ที่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (% Brix) ของน้ำชาสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน โดยตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องมีค่า % Brix น้อยกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0-5^0C

ดังนั้นการเก็บรักษาตัวอย่างนาน 12 เดือนในทุกสภาพอุณหภูมิมีผลทำให้คุณภาพของสีน้ำชาสมุนไพรมะขามป้อมมีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม ควรเก็บรักษาเนื้อผลแห้งในรูปชาชงสมุนไพรมะขามป้อมในสภาพที่ควบคุมความเย็นได้ในอุณหภูมิ 0-5^0C ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างเกิดขึ้นน้อยกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับ Bhoge (2014) รายงานว่าภายหลังจากเก็บผงมะขามป้อมที่อุณหภูมิ 0-90 ^{0}C นาน 15 วัน พบว่าสารพฤกษเคมีและคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ascorbic acid, total sugars, proteins and total phenolics. จะมีปริมาณลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้การลดลงของปริมาณสาร ascorbic acid content อาจเกิดจากปฏิกิริยา oxidation ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับสิปปกร และคณะ (2565) ว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นจะเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยอายุการเก็บรักษาจะแปรผกผันกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงจะทำให้อายุการเก็บรักษาลดลงต่ำ และ Mediani *et al*. (2014) ว่าการอบแห้งสมุนไพรร่วมกับการแช่เย็นวัตถุแห้งในระหว่างการเก็บรักษาสามารถเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษา (shelf life) ให้นานขึ้น ทั้งนี้ได้กล่าวว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาวัตถุแห้งที่ –20 °C หลังการทำแห้งแล้ว

กรมวิชาการเกษตร

จึงจะช่วยหยุดการลดลงของปริมาณสารสำคัญได้ เนื่องด้วยอุณหภูมิต่ำระดับนี้เป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสาเหตุที่ทำให้สมุนไพรมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง

ตารางที่ 1 ลักษณะผลสดมะขามป้อมสายพันธุ์ลูกกลม จากแหล่ง อ.จอมบึง จ.กาญจนบุรี ซึ่งผลมีสีเขียวอ่อน

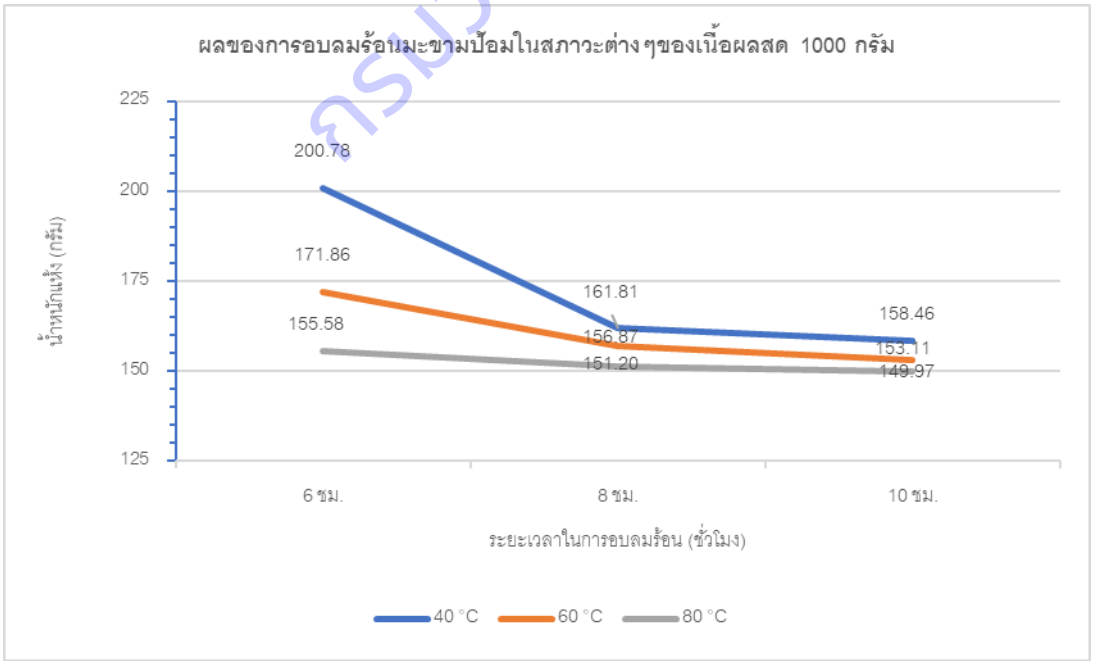
ผลที่	น้ำหนัก (กรัม)			ขนาดผล (มม.)		ความหนาเนื้อ (มม.)	ขนาดเมล็ด (มม.)		จำนวนเส้นแบ่งผล	Brix %	pH
	ทั้งผล	เนื้อผล	เมล็ด	ยาว	กว้าง		ยาว	กว้าง			
1	15.48	14.1	1.72	31.04	27.39	8.07	16.03	14.81	6	13	2.8
2	15.63	13.9	1.77	30.42	27.90	7.97	15.42	15.60	6	13	2.8
3	16.03	14.2	1.79	30.84	27.93	7.86	17.21	14.86	6	12	2.8
4	14.34	12.8	1.50	29.09	28.14	7.95	14.34	13.64	6	12	2.7
5	15.16	13.3	1.85	30.16	26.96	7.95	15.36	14.91	6	12	2.7
6	14.73	12.9	1.88	30.39	26.63	7.30	15.49	15.14	6	12	2.7
7	15.71	13.9	1.85	30.96	27.62	8.42	15.27	14.86	6	12	2.7
8	16.30	14.3	2.02	31.12	27.93	7.28	16.31	15.22	6	13	2.7
9	15.64	13.8	1.87	30.80	26.89	8.02	15.09	14.82	6	12	2.7
10	16.84	15.0	1.84	31.44	27.51	8.25	15.12	14.58	6	12	2.7
11	14.61	12.7	1.88	30.23	26.24	7.91	14.25	14.89	6	12	2.7
12	15.86	14.2	1.66	30.91	26.68	8.55	15.43	14.39	6	12	2.7
13	15.50	13.7	1.78	30.0	28.83	8.70	15.59	14.74	6	12	2.7
14	13.92	12.1	1.82	29.3	26.90	7.30	15.58	15.33	6	13	2.7
15	14.91	13.1	1.86	30.68	26.02	7.27	16.38	15.34	6	12	2.7
16	15.75	13.8	2.00	31.29	27.10	7.98	15.56	15.70	6	12	2.8
17	16.40	14.6	1.85	31.3	27.53	7.33	14.81	15.05	6	12	2.8
18	14.99	13.4	1.62	30.08	27.36	7.63	15.38	14.36	6	12	2.8
19	15.82	14.0	1.78	31.07	28.23	8.68	15.01	14.16	6	12	2.8
20	14.11	12.3	1.85	29.0	27.19	8.00	15.96	15.24	6	11	2.8
21	15.15	13.5	1.69	30.45	24.47	7.99	15.61	14.13	6	12	2.8
22	14.35	12.6	1.80	30.06	26.28	7.50	14.46	14.18	6	12	2.8
23	17.94	15.9	2.00	32.4	29.16	8.22	15.58	15.33	6	12	2.7
24	14.92	13.1	1.85	30.08	27.38	8.21	14.95	15.35	6	12	2.7
25	16.92	14.9	2.00	31.2	27.86	8.23	18.42	15.60	6	12	2.7
เฉลี่ย	**15.48**	**13.67**	**1.82**	**30.58**	**27.29**	**7.94**	**15.54**	**14.89**	**6.0**	**12.12**	**2.74**
บันทึก 12/2/2559											

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งของเนื้อผลมะขามป้อมสายพันธุ์ลูกกลม ที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน

กรรมวิธี อบที่ อุณหภูมิ	น้ำหนักแห้ง (กรัม) ของเนื้อผลสด 1,000 กรัม								
	ในครั้งที่ 1 เมื่ออบนาน			ในครั้งที่ 2 เมื่ออบนาน			ค่าเฉลี่ย		
	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.
40° C	208.92	156.64	153.60	192.63	166.98	163.31	200.78	161.81	158.46
60° C	154.71	152.73	146.91	189.00	161.00	159.31	171.86	156.87	153.11
80° C	152.52	148.77	147.93	158.63	153.63	152.01	155.58	151.20	149.97
อัตราส่วน สด: แห้ง	149.5 (10: 1.49)			158.2 (10: 1.58)			153.8 (10: 1.54)		

กรรมวิธี อบที่ อุณหภูมิ	น้ำหนักแห้ง (%) ของเนื้อผลสด 1,000 กรัม (% Dry matter)								
	ในครั้งที่ 1 เมื่ออบนาน			ในครั้งที่ 2 เมื่ออบนาน			ค่าเฉลี่ย		
	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.
40° C	20.9	15.7	15.4	19.3	16.7	16.3	20.1	16.2	15.9
60° C	15.5	15.3	14.7	18.9	16.1	15.9	17.2	15.7	15.3
80° C	15.3	14.9	14.8	15.9	15.4	15.2	15.6	15.2	15.0



ภาพที่ 1 น้ำหนักแห้งของเนื้อผลมะขามป้อมสายพันธุ์ลูกกลม ที่อบลมร้อนในสภาพอุณหภูมิต่างๆ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ลักษณะสีของวัตถุแห้งของเนื้อผลมะขามป้อมสายพันธุ์ลูกกลม จากแหล่ง อ.จอมบึง จ.กาญจนบุรี ที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน

ตัวอย่างอบแห้ง		L*	a*	b*	C	h°	ΔE	pH	Brix (%)
ที่อุณหภูมิ	ระยะเวลา								
40° C	6 ชม.	-	-	-	-	-	-	3.0	1.0
40° C	8 ชม.	48.2	3.4	42.4	32.6	85.5	43.8	2.9	1.5
40° C	10 ชม.	56.7	-1.3	8.7	8.8	98.7	9.2	3.0	1.0
60° C	6 ชม.	54.8	-2.0	19.9	20.0	95.8	20.5	3.1	1.0
60° C	8 ชม.	55.4	-2.0	17.6	17.7	96.5	18.2	3.1	1.0
60° C	10 ชม.	53.8	-1.6	24.5	24.5	94.3	25.2	3.0	1.3
80° C	6 ชม.	53.7	-1.0	24.2	24.3	92.6	24.9	3.0	1.2
80° C	8 ชม.	55.0	-1.6	20.8	20.9	94.4	21.4	3.1	1.0
80° C	10 ชม.	54.1	-1.1	22.4	24.5	92.9	23.1	3.1	1.0
Standard (แผ่นสีขาว)		57.6	0.7	-0.3	0.7	336.4	23.3	-	-

กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ :

- L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100
  L* = 0 สีจะเป็นไปในทิศทางมืดเป็นสีดำ L* = 100 สีจะเป็นไปในทิศทางสว่างเป็นสีขาว
- แกน a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว
  a* เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง a* เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว
- แกน b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน
  b* เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง b* เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน
- Hue angle (h°) แสดงค่าเป็นองศา
  0°-45° (สีม่วงแดง-สีส้มแดง) 45°-90° (สีส้มแดง-สีเหลือง) 90°-135° (สีเหลือง-สีเหลืองเขียว)
  135°-180° (สีเหลืองเขียว-สีเขียว) 180°-225° (สีเขียว-สีน้ำเงินเขียว)
  225°-270° (สีน้ำเงินเขียว-สีน้ำเงิน) 270°-315° (สีน้ำเงิน-สีม่วง)
  315°-360° (สีม่วง-สีม่วงแดง)
- C (Choma) ความเข้มหรือความบริสุทธิ์ของสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0-60 สีจาง-สีเข้ม
- ΔE ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (total color difference)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและวัตถุแห้งของเนื้อผลมะขามป้อมสายพันธุ์ลูกกลม จากแหล่ง อ.จอมบึง จ. กาญจนบุรี ที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน

รายการวิเคราะห์	ตัวอย่างอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 40 ° C นาน			ตัวอย่างอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 ° C นาน			ตัวอย่างอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 80 ° C นาน		
	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.
Wt. Aluminum can	13.96	14.28	13.98	14.36	14.03	13.83	14.29	14.09	14.33
Wt. Sample ก่อนอบ	5.00	5.01	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.02	5.00
Wt. Ac + wt. S หลังอบ	17.69	18.76	18.49	19.01	18.71	18.52	18.99	18.84	19.18
Wt. Sample หลังอบ	3.73	4.48	4.50	4.66	4.68	4.69	4.70	4.75	4.85
% Moisture content	25.33	10.64	9.93	6.87	6.47	6.13	6.06	5.32	3.00
% Dry matter content	74.67	89.36	90.07	93.13	93.53	93.87	93.94	94.68	97.00
หมายเหตุ : อบลมร้อนตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชม. เพื่อวิเคราะห์หาค่า									

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณภาพสีของชาสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษานาน 12 เดือนในสภาพอุณหภูมิต่างๆกัน

ค่าสี	สภาพการเก็บรักษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	Sig. 2- tailed P value		
				ก่อนการเก็บรักษา	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 0 °C
L*	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	24	54.3083	-	-	-
L*	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	24	49.9458	Sig. < 0.0001 **	-	-
L*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	24	50.9292	Sig. < 0.0001 **	Sig. 0.0186 *	
L*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	24	50.9458	Sig. < 0.0001 **	Sig. 0.0100 *	0.8655 ns
a*	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	24	-0.7375	-	-	-
a*	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	24	1.4167	Sig. 0.0002 **	-	-
a*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	24	-0.275	0.2558 ns	Sig. 0.0011 *	
a*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	24	-0.3583	0.3488 ns	Sig. 0.0013 *	0.8419 ns
b*	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	22	22.1545	-	-	-
b*	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	22	37.3455	Sig. < 0.0001 **	-	-
b*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	22	33.5318	Sig. < 0.0001 **	Sig. 0.0007 **	
b*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	22	32.2227	Sig 0.0003**	Sig. < 0.0001 **	0.0667 ns
C	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	24	19.4458			
C	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	24	36.7958	Sig. < 0.0001 **		
C	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	24	33.2833	Sig. < 0.0001 **	Sig. 0.0007 **	
C	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	24	32.15	Sig. < 0.0001 **	Sig. < 0.0001 **	0.0699 ns
h^0	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	22	93.8614	-		
h^0	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	22	88.3936	Sig. 0.0015*		
h^0	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	22	90.4914	Sig. 0.0005**	Sig. 0.0003 **	
h^0	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	22	90.8909	Sig. 0.0027*	Sig. 0.0003 **	0.6321 ns
ΔE	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	24	29.5875	-		
ΔE	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	24	38.1000	0.0832 ns		
ΔE	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	24	34.4292	0.3227 ns	Sig. 0.0007 **	
ΔE	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	24	33.0083	0.4930 ns	Sig. < 0.0001 **	0.0307 *
% Brix	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	9	1.111	-		
% Brix	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	9	0.744	Sig. 0.0029*		
% Brix	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	9	0.8444	Sig. 0.0138*	0.0805 ns	
% Brix	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	9	0.956	0.1690 ns	Sig. 0.0044*	0.0955 ns
pH	ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	9	3.0333	-		
pH	อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน	9	3.1711	Sig. 0.0004**		
pH	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	9	3.0511	0.5490 ns	Sig. < 0.0001 **	
pH	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	9	3.0889	Sig. 0.0086*	Sig. 0.0010*	0.0876 ns

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มะขามป้อมสายต้นหยกมณี

โดยปกติพืชมะขามป้อมจะเก็บเกี่ยวผลผลิตพร้อมกันทั้งต้น ดังนั้นผลผลิตที่ได้จึงมีความสุกแก่ไม่เท่ากัน จึงมีผลกระทบต่อการอบแห้งมะขามป้อมได้ ซึ่งพบว่าผลมะขามป้อมที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ต่างกัน คือ มะขามป้อมผลอ่อน และผลที่ตลาดต้องการ มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งขนาดผล ความหนาของเนื้อ น้ำหนักผลสด และน้ำหนักเนื้อผล ยกเว้นน้ำหนักเมล็ด (ตารางที่ 6) อีกทั้งพบว่าความแน่นเนื้อของผลมีความแตกต่างกันทางสถิตระหว่างผลตลาดและผลอ่อน เมื่ออบแห้งมะขามป้อมแล้วพบว่าเนื้อผลมีน้ำหนักแห้งที่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับน้ำหนักสด รวมทั้งคุณภาพทางเคมี % Brix และ pH ของน้ำคั้นผลมะขามป้อมระหว่างผลอ่อนกับผลที่ตลาดต้องการ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7)

นอกจากนี้พบว่ามะขามป้อมผลอ่อน และผลที่ตลาดต้องการ มีสีผิว สีเมล็ด และสีเนื้อผลที่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของสีผิว (L*, a*, C, ΔE) ค่าสัมประสิทธิ์ของสีเมล็ด (L*, a*, b*, ΔE) และค่าสัมประสิทธิ์ของสีเนื้อผล (a*, b*, C, ΔE) ได้แสดงผลแตกต่างกันระหว่างมะขามป้อมผลอ่อน กับผลตลาด (ตารางที่ 8) นอกจากนี้ Kalaskar *et al*. (2018) พบว่า ผลมะขามป้อมในระยะผลสุกเต็มที่ (สีเหลืองปนสีน้ำตาลออกแดง) จะมีปริมารสาร Total phenolic content, Total flavonoid content และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และรองลงมาเป็นผลระยะกึ่งสุกกึ่งดิบ (สีเหลืองอมเขียว) และผลระยะอ่อน (สีเขียว) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะผลที่สุกแก่ที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในการผลิตชาสมุนไพรมะขามป้อมจำเป็นต้องมีการคัดขนาดสุกแก่มะขามป้อม เพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพชาสมุนไพร

การทดสอบครั้งที่ 1

ผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณี เมื่อนำมาอบลมร้อนที่สภาวะต่างๆกัน พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยลมร้อนมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของเนื้อผลแตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่ออบแห้งนาน 8 ชั่วโมงขึ้นไป (ตารางที่ 9 และภาพที่ 2) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อผลแห้งจะลดลงต่ำกว่า 10% เมื่ออบด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 40 °C นาน 8-10 ชั่วโมง และ 60-80 °C นาน 6-10 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Raaf *et al*. (2021) รายงานว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลกระทบต่อการลดความชื้นในผล โดยอุณหภูมิสูงขึ้นจะลดปริมาณความชื้นได้มากขึ้นด้วย เช่น ที่อุณหภูมิแห้ง 40°C และ 50°C ลดปริมาณความชื้นในผลได้ 73.33% และ 80% และเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ความเป็นกรดลดลง 18.81 and 17.16% ตามลำดับ ทั้งนี้โดยทั่วไปความชื้นมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์อาหารอย่างมาก ถ้าวัตถุแห้งมีปริมาณความชื้นมากเกินไป ก็จะทำให้เกิดการจับตัวกันและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง หรือถ้ามีความชื้นน้อยเกินไป จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรน้อยเกินไป

เมื่อนำตัวอย่างอบแห้งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าการเก็บรักษานาน 1-12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ทำให้คุณภาพสีของน้ำชาสมุนไพรมะขามป้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและแตกต่างจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน) โดยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ L* ค่าความสว่างของสีลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 2-12 เดือน ส่วนค่า a* ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา แต่พบว่าค่า a* (สีแดง) มีแนวโน้มค่าสีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มนานขึ้น เปลี่ยนจาก -a สีเขียว (ก่อนเก็บรักษา) และเปลี่ยนแปลงเป็นสีแดง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น (1-12 เดือน)

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับค่า b* (สีเหลือง) และค่า C (ความเข้มของสี) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 4-12 เดือนและแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มะเขือเทศผงระหว่างเก็บรักษามีค่าสีเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า L* ลดลง ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร (Browning reaction) (วริพัสย์ และคณะ, 2557) แต่สำหรับค่า h° และ ΔE ไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน) อย่างไรก็ตามพบว่าโทนสี มีแนวโน้มค่า h° ลดลง (จากสีเหลืองเขียว เปลี่ยนเป็นสีเหลือง-ส้มแดง) เมื่อเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้งพบว่าคุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (%Brix) และค่า pH มีค่าลดลงและแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน) (ตารางที่ 10) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา มีปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลา ซึ่งการเพิ่มและลดอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ รวมทั้งคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่มีการซึมผ่านของก๊าซและน้ำ (วริพัสย์ และคณะ, 2557; วชิรญาและคณะ, 2561) ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของชาชงสมุนไพรมะขามป้อม

สำหรับการเก็บรักษาชาสมุนไพรมะขามป้อมในอุณหภูมิ 0-5°C นาน 1-12 เดือน (ตารางที่ 11) พบว่าคุณภาพทางกายภาพของมะขามป้อมไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C แต่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในการเก็บรักษานาน 5-12 เดือน ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (%Brix) และค่า pH มีค่าลดลง และแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา แสดงว่าชาสมุนไพรมะขามป้อมมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและมีปริมาณสารที่ละลายน้ำได้ลดน้อยลง สำหรับตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่า L* มีค่าความสว่างลดลง และค่า b* (สีเหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้น อีกทั้งค่า C (ความอิ่มตัวของสี) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ส่วนโทนสี มีค่า h° เปลี่ยนแปลงไปทางสีเหลืองส้มแดง และทั้ง 4 ค่านี้แตกต่างในทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ค่าสีที่มีความสำคัญคือค่า a* (สีเขียว-แดง) และค่า ΔE มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา นั้นแสดงว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C นั้นยังคงมีคุณภาพทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่าการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 0°C มีความแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา โดยปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (Brix) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และค่า pH มีค่าลดลง หรือมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การทดลองนี้พบว่าการเก็บรักษาชาสมุนไพรมะขามป้อมในอุณหภูมิ 0°C และ 5°C มีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกันทางสถิติ เช่น การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 5°C จะได้ค่า a = -1.1467 (มีสีเขียว) และที่ 0°C จะได้ค่า a =0.9553 (มีสีแดง) เป็นต้น (ตารางที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 13) พบว่าในช่วงเก็บรักษานาน 4-12 เดือน คุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างอุณหภูมิห้อง กับอุณหภูมิ 5°C แต่คุณภาพทางเคมี (% brix, pH) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการทดลองนี้ พบว่าการเก็บรักษานาน 1-12 เดือน คุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง แต่คุณภาพทางเคมี (% brix, pH) มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14) ซึ่งตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C มีคุณภาพทางกายภาพไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้น ทั้งนี้

กรมวิชาการเกษตร

อาจเป็นไปได้ว่าการเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำอาจจะยังไม่เหมาะสม ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ได้ ทั้งนี้การเก็บรักษาวัตถุแห้งที่ -20 °C ภายหลังอบแห้งเท่านั้น จะช่วยหยุดการเสื่อมสภาพได้ (Mediani, *et. al*. 2014)

อย่างไรก็ตาม ควรเก็บรักษาชาสมุนไพรมะขามป้อมในที่อุณหภูมิ 5°C มากกว่าเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องด้วยคุณภาพทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนการเก็บรักษา และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 ความแตกต่างของลักษณะผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณีที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ต่างกัน

ผลที่	ขนาดผล (มม.)		เนื้อผลหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)		
	กว้าง	ยาว		ผลสด	เมล็ด	เนื้อผล
ผลตลาด	30.22	26.26	9.44	14.84	0.90	13.95
ผลอ่อน	26.45	22.73	7.09	9.46	0.90	8.57
P value	< 0.0001**	< 0.0001**	< 0.0001**	< 0.0001**	0.9361ns	< 0.0001**

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะผลและน้ำหนักสด-แห้งของผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณีที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ต่างกัน

ผลที่	ขนาดผล (มม.)		ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	เนื้อผลหนา (มม.)	brix (%)	pH	น้ำหนัก (กรัม)			
	กว้าง	ยาว					ผลสด	เมล็ด	เนื้อผลสด	เนื้อผลแห้ง
ผลตลาด	30.3982	26.4180	90.1460	9.4420	14.7290	2.32660	14.9412	1.3906	13.5506	2.2958
ผลอ่อน	28.4557	24.1656	101.7365	7.1070	10.6930	1.77300	11.8474	1.4910	10.3564	1.7408
P value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0009	< 0.0001	< 0.0001
T-test	sig. **	sig. **	sig. **	sig. **	sig. **	sig. **	sig. **	ns	sig. **	sig. **

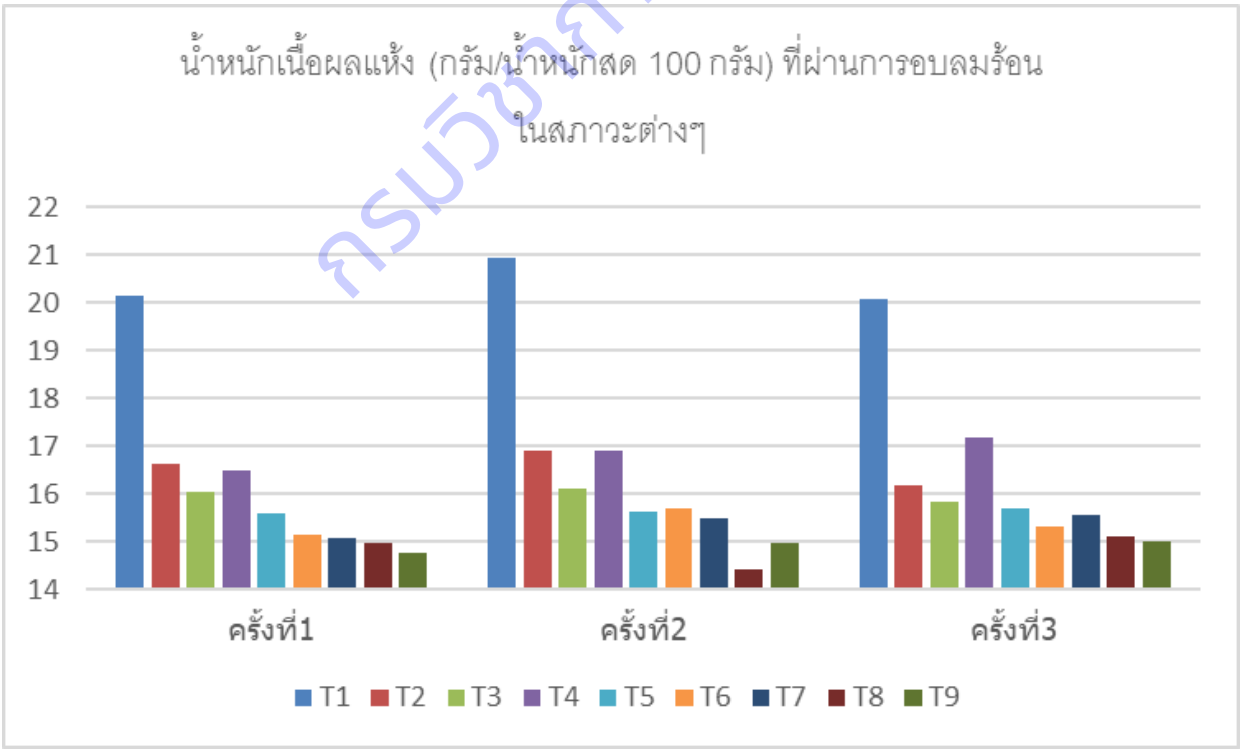
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของสีผิวผล สีเมล็ด และสีเนื้อผลสดของมะขามป้อมสายต้นหยกมณี

ผลที่	ค่าสัมประสิทธิ์ของสีผิวมะขามป้อมผลสด									
	L*	P value	a*	P value	b*	P value	C	P value	ΔE	P value
ผลตลาด	45.707	0.0002**	-2.538	< 0.0001**	19.628	0.1916ns	20.217	0.0490*	57.970	< 0.0001**
ผลอ่อน	49.170		-5.735		20.510		21.448		54.828	
	ค่าสัมประสิทธิ์ของสีเมล็ดมะขามป้อมผลสด									
ผลตลาด	38.698	0.0004**	-0.971	< 0.0001**	17.007	0.0008**	17.223	0.1605ns	57.970	0.0004**
ผลอ่อน	35.471		-6.930		14.785		16.388		54.828	
	ค่าสัมประสิทธิ์ของสีเนื้อผลมะขามป้อม									
ผลตลาด	44.075	0.2563ns	-2.541	0.0011*	17.201	0.0011*	17.400	< 0.0001**	58.615	0.0470**
ผลอ่อน	43.581		-3.443		21.630		22.686		63.949	

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 น้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณีที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน

ตัวอย่างอบแห้ง		น้ำหนักแห้ง (กรัม) ต่อ น้ำหนักสด 100 กรัม				เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบแห้งตามกรรมวิธี					
ที่อุณหภูมิ	ระยะเวลา	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
T1 40° C	6 ชม.	20.16	20.93	20.08	20.39	10.32	10.30	10.75	10.64	10.70	10.54
T2 40° C	8 ชม.	16.63	16.90	16.18	16.57	9.62	9.59	9.60	9.54	9.62	9.59
T3 40° C	10 ชม.	16.06	16.12	15.85	16.01	7.20	7.93	7.87	7.99	7.89	7.78
T4 60° C	6 ชม.	16.50	16.92	17.19	16.87	6.80	6.40	6.20	6.47	6.60	6.49
T5 60° C	8 ชม.	15.60	15.62	15.69	15.64	6.60	5.80	6.00	5.99	5.79	6.04
T6 60° C	10 ชม.	15.15	15.70	15.31	15.39	5.12	5.33	5.59	5.18	5.20	5.28
T7 80° C	6 ชม.	15.07	15.49	15.56	15.37	5.40	5.24	5.34	5.41	5.39	5.36
T8 80° C	8 ชม.	14.97	14.42	15.12	14.84	5.12	5.18	4.77	5.00	5.21	5.06
T9 80° C	10 ชม.	14.75	14.99	15.00	14.91	3.03	3.03	3.10	3.11	3.00	3.05



ภาพที่ 2 น้ำหนักเนื้อแห้ง (กรัม) ของผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณีที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีก่อนการเก็บรักษาและที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง นาน 0-12 เดือน (ครั้งที่ 1)

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่า L เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า a เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า b เฉลี่ย	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	54.2867	-	-0.78	-	20.5211	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	51.4478	0.0866 ns	1.0144	0.0851ns	26.8633	0.2352 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	49.4844	0.0004**	1.0089	0.0917ns	25.0811	0.3837ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	50.4144	0.0354*	1.0744	0.1587ns	35.2278	0.0263*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	46.1078	0.0269*	2.6022	0.1345ns	32.6356	0.0393*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	45.8878	0.0214*	2.7422	0.1146ns	32.6578	0.0386*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	46.2022	0.0286*	2.5911	0.1345ns	32.57	0.0397*

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่า C เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า h^o เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า ΔE เฉลี่ย	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	20.0056	-	93.4067	-	28.8633	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	26.8922	0.1095ns	88.9656	0.0354*	28.0556	0.9086ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	26.3433	0.1299ns	88.8311	0.0556ns	27.1656	0.8063ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	35.2844	0.0112*	88.9067	0.0792ns	36.5544	0.3409ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	33.0822	0.0181*	87.2222	0.1040ns	35.6789	0.3914ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	33.0844	0.0178*	86.8833	0.0795ns	35.6933	0.3898ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	33.0367	0.0183*	87.3056	0.1074ns	35.6033	0.3955ns

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่า %Brix เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า pH เฉลี่ย	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	1.089	-	3.044	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	1.133	0.7458ns	3.111	0.0805ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	0.933	0.1108ns	2.978	0.0805ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	0.744	0.0041*	3.2	0.0002**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	0.7	0.0197*	2.889	0.0033*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	0.7	0.0197*	2.889	0.0033*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	0.7	0.0197*	2.889	0.0033*

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีก่อนการเก็บรักษา กับเก็บรักษาในอุณหภูมิ 0-5°C นาน 1-12 เดือน (ครั้งที่ 1)

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่า L* เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า a* เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า b* เฉลี่ย	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	54.2867	-	-0.78	-	20.5211	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 1 เดือน	50.9978	0.0478*	1.04	0.1034 ns	26.36	0.2510 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 4 เดือน	51.47	0.0875 ns	-0.4956	0.7532 ns	31.1889	0.0923 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 5 เดือน	47.7	0.0012*	1.4178	0.0661 ns	36.0	0.0117*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 6 เดือน	47.6722	0.0010*	1.4256	0.0620 ns	36.2044	0.0109*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	47.7478	0.0009**	1.4733	0.0523 ns	36.1789	0.0110*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 4 เดือน	51.5078	0.0922 ns	-0.5511	0.7867 ns	29.95	0.1237 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 5 เดือน	52.2489	0.2221 ns	-1.35	0.5067 ns	26.57	0.2939 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 6 เดือน	51.7822	0.1434 ns	-1.3789	0.5064 ns	27.6811	0.2607 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	51.7444	0.1604 ns	-1.3067	0.5529 ns	26.5678	0.2931 ns

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่า C เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า h° เฉลี่ย	P value (Paired T-test)	ค่า ΔE เฉลี่ย	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	20.0056	-	93.4067	-	28.8633	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 1 เดือน	26.4222	0.1135ns	88.89	0.0324*	27.3522	0.8314 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 4 เดือน	31.2267	0.0429*	91.5767	0.4417 ns	32.3556	0.6351 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 5 เดือน	36.0978	0.0044*	88.3422	0.0315*	37.8344	0.1966 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 6 เดือน	36.3	0.0040*	88.3311	0.0299*	37.9433	0.1919 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36.2711	0.0040*	88.23	0.0249*	37.9178	0.1935 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 4 เดือน	29.9911	0.0572 ns	91.7844	0.4825 ns	30.8322	0.7934 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 5 เดือน	26.6733	0.1732 ns	93.9889	0.7945 ns	27.8756	0.8866 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 6 เดือน	26.6844	0.1756 ns	94.1311	0.7665 ns	27.9144	0.8908 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	26.6778	0.1135 ns	91.5078	0.5634 ns	27.8956	0.8887 ns

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย %Brix	P value (Paired T-test)	ค่าเฉลี่ย pH	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา (0 เดือน)	1.089	-	3.044	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 1 เดือน	1.267	0.0732 ns	3.1	0.0509 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 4 เดือน	0.844	0.0128*	3.044	1.0000 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 5 เดือน	1.289	0.0278*	2.822	< 0.0001**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 6 เดือน	1.289	0.0278*	2.822	< 0.0001**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	1.289	0.0278*	2.822	< 0.0001**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 4 เดือน	0.956	0.2249 ns	3.078	0.2815 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 5 เดือน	0.711	0.0118*	2.922	0.0100 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 6 เดือน	0.711	0.0118*	2.922	0.0100 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	0.711	0.0118*	2.922	0.0100 *

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 12 การเก็บรักษาสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีในสภาพอุณหภูมิ 0 °C กับ อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน ที่มีผลต่อคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพร

สีวัตถุดิบแห้ง	สภาพการเก็บรักษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	**P value (Paired T-test)**
L*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 4-12 เดือน	36	48.6475	Sig. < 0.0001 **
L*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	51.8208	
a*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	0.9553	Sig. < 0.0001 **
a*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	-1.1467	
b*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	34.8931	Sig. < 0.0001 **
b*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	27.6922	
h^0	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	89.1200	Sig. < 0.0001 **
h^0	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	93.4303	
c*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	34.9739	Sig. < 0.0001 **
c*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	27.5067	
ΔE	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	36.5128	Sig. < 0.0001 **
ΔE	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	28.6294	
pH	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	2.878	Sig. < 0.0001 **
pH	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	2.961	
% brix	อุณหภูมิ 0 °C นาน 12 เดือน	36	1.178	Sig. < 0.0001 **
% brix	อุณหภูมิ 5 °C นาน 12 เดือน	36	0.772	

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 13 การเก็บรักษาสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีในสภาพอุณหภูมิห้อง กับ อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน ที่มีผลต่อคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพร

สีวัตถุดิบแห้ง	สภาพการเก็บรักษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	P value (Paired T-test)
L*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	47.9164	Sig. 0.0011**
L*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	51.8208	
a*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	1.8094	Sig. .0002 **
a*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	-1.1467	
b*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	32.8969	Sig. 0.0076 **
b*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	27.6922	
h^0	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	88.2764	Sig. 0.0002**
h^0	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	93.4303	
c*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	33.1867	Sig. 0.0026**
c*	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	27.5067	
ΔE	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	35.2122	Sig. 0.0011 **
ΔE	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	28.6294	
pH	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	2.9736	0.5709ns
pH	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	2.9611	
% brix	อุณหภูมิ ห้อง นาน 4-12 เดือน	36	0.6817	0.0766ns
% brix	อุณหภูมิ 5 °C นาน 4-12 เดือน	36	0.7722	

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 14 การเก็บรักษาสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีในสภาพอุณหภูมิห้อง กับ อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน ที่มีผลต่อคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพร (ครั้งที่ 1)

สีวัตถุดิบแห้ง	สภาพการเก็บรักษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	P value (Paired T-test)
L*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	47.6391	0.1257 ns
L*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	49.1176	
a*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	2.0049	0.0726 ns
a*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	0.9722	
b*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	31.7287	0.0944 ns
b*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	33.1864	
h^0	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	87.8016	0.1466ns
h^0	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	89.0740	
c*	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	32.2760	0.2489ns
c*	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	33.2636	
ΔE	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	34.3171	0.7226ns
ΔE	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	34.6807	
pH	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	2.996	<0.0001**
pH	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	2.922	
% brix	อุณหภูมิ ห้อง นาน 1-12 เดือน	45	0.796	<0.0001**
% brix	อุณหภูมิ 0 °C นาน 1-12 เดือน	45	1.196	

กรมวิชาการเกษตร

การทดสอบครั้งที่ 2

ผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณี เมื่อนำมาอบลมร้อนที่สภาวะต่างๆกัน พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบแห้งมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของเนื้อผลแตกต่างกัน (วัตถุแห้ง 14.8-20.9 %) ให้สัดส่วนน้ำหนักสด: น้ำหนักแห้ง เท่ากับ 10: 1.4-2.0 โดยเฉพาะเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน (ตารางที่ 15)

การเก็บรักษาวัตถุดิบมะขามป้อม (สายต้นหยกมณี) ในรูปชาชงสมุนไพร นาน 1-12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมมีความแตกต่างจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 16 โดยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b*, ความอิ่มตัวของสี (chroma, C), เฉดสี (hue, h°) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE* ระหว่างตัวอย่างกับน้ำ) ยกเว้นค่าความสว่าง (L*) ที่มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ในการทดลองนี้จะพบว่าค่า a มีค่าเป็นบวก (สีแดง) ในตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ซึ่งทั้งนี้อาจเกิดจากตัวอย่างอบแห้งที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่ ได้จากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน จึงมีค่าสี a เพิ่มขึ้นไปอีก ซึ่งการเตรียมตัวอย่างแห้งมะขามป้อมให้มีคุณภาพดีก่อนการเก็บรักษานั้น Sonkar *et al*. (2020) ได้แนะนำว่าควรปรับสภาพผลมะขามป้อมโดยใส่เกลือ1% (NaCl) แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 ± 2 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะสมจะช่วยให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวม, กรด ascorbic acid, การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสีของวัตถุแห้ง ให้คงมีอยู่ ซึ่งการใส่เกลือในวัตถุดิบระหว่างการอบแห้งและมีในวัตถุแห้งระหว่างการเก็บรักษาจะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ มีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เกิดช้าลง และเป็นตัวกีดขวางปกป้องให้กับกรด ascorbic acid

ส่วนคุณภาพทางเคมี พบว่าน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมของตัวอย่างที่เก็บรักษานาน 4-12 เดือน มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (%Brix) และค่า pH ที่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาวัตถุดิบที่อุณหภูมิห้องมีผลต่อคุณภาพสีของน้ำชาสมุนไพรมะขามป้อม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เก็บรักษานาน 1 เดือน รวมทั้งควรเลือกวัตถุดิบแห้งที่มีคุณภาพก่อนนำมาเก็บรักษา

เปรียบเทียบการเก็บรักษาชาชงสมุนไพรนาน 1 เดือนที่อุณหภูมิต่างๆ (ตารางที่ 17) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 5°C มีความแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา โดยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*, b*, ความอิ่มตัวของสี (chroma, C), เฉดสี (hue, h°) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE* ระหว่างตัวอย่างกับน้ำ) ยกเว้นค่า L* ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C นาน 1 เดือน พบว่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของชาชงสมุนไพรมะขามป้อมไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา โดยเฉพาะค่า L*, a*, b*

เมื่อเปรียบเทียบการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-5°C กับที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน พบว่าคุณภาพชาชงสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 5°C ไม่แตกต่างจากตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แต่ชาชงสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 0°C แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อีกทั้งพบว่าคุณภาพชาสมุนไพรมะขามป้อมที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 0°C แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C

กรมวิชาการเกษตร

ดังนั้นการเก็บรักษาสมุนไพรมะขามป้อมเนื้อผลแห้งในรูปชาชงสมุนไพรในระยะเวลาสั้น ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C จะรักษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีได้คงที่

จากการทดสอบในมะขามป้อมทั้งสองสายต้น พบว่าการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณภูมิห้องไม่สามารถรักษาคุณภาพของสมุนไพรให้คงตัวได้ มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นในการเก็บรักษาชาสมุนไพรมะขามป้อม ให้มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 เดือนจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิสภาพเย็น 0-5°C ทั้งนี้ค่า a* ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของชงชาสมุนไพรมะขามป้อมนั้น มีค่า a* ไม่เพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่เก็บรักษาที่สภาพเย็น แต่ Sonkar *et al*., (2020) รายงานว่า ถึงแม้ว่าการเก็บรักษามะขามป้อมผงแห้งในสภาพอุณหภูมิเย็น 4°C มีปริมาณ ascorbic acid สูงกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 27°C ก็ตาม แต่ในมุมมองของเศรษฐกิจ มะขามป้อมผงแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องยังคงมีปริมาณ ascorbic acid เหลืออยู่สูงสุดเช่นกัน

ตารางที่ 15 น้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ Brix และ pH ของเนื้อผลมะขามป้อมสายต้นหยกมณีที่ผ่านการอบลมร้อนในสภาวะต่างๆกัน (การทดลองครั้งที่ 2)

ตัวอย่างอบแห้ง		**น้ำหนักแห้ง (กรัม) ต่อ น้ำหนักสด 1000 กรัม**	**สัดส่วน น้ำหนักสด : น้ำหนักแห้ง**	**% dry matter**	**% Brix**	**pH**
ที่อุณหภูมิ	**ระยะเวลา**					
T1 40° C	**6 ชม.**	200.6	10: 2.0	20.06	0.7	3.2
T2 40° C	**8 ชม.**	166.3	10: 1.7	16.63	0.7	3.1
T3 40° C	**10 ชม.**	153.6	10: 1.5	15.63	0.9	3.1
T4 60° C	**6 ชม.**	160.6	10: 1.6	16.06	1.1	3.1
T5 60° C	**8 ชม.**	152.7	10: 1.5	15.27	1.1	3.1
T6 60° C	**10 ชม.**	146.9	10: 1.5	14.69	1.2	3.1
T7 80° C	**6 ชม.**	150.7	10: 1.5	15.07	1.4	3.1
T8 80° C	**8 ชม.**	145.2	10: 1.5	14.52	1.6	3.1
T9 80° C	**10 ชม.**	144.0	10: 1.4	14.40	1.5	3.1

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 16 คุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีก่อนการเก็บรักษาและที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง นาน 1-12 เดือน (การทดลองครั้งที่ 2)

ค่า b*			
กรรมวิธีเปรียบเทียบ	**ค่าเฉลี่ย**	**คู่เปรียบเทียบ**	**P value (Paired T-test)**
ก่อนการเก็บรักษา	25.5522	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.6120 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	35.4478	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0002 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	26.36	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0028 *

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	**ค่า L* เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**	**ค่า a* เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**	**ค่า b* เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**
ก่อนเก็บรักษาที่ (0 เดือน)	49.5833	-	1.0144	-	25.5522	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	45.5111	0.1292ns	5.4178	0.0035*	35.4478	0.0010*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	45.5422	0.1408ns	5.3922	0.0040*	35.6789	0.0008**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน	45.4922	0.1330ns	5.3767	0.0039*	35.5144	0.0010**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	46.09	0.2366ns	4.1644	0.0129*	32.3044	0.0008**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	45.4867	0.1779ns	4.07	0.0092*	31.6778	0.0003**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	46.3378	0.2508ns	4.1044	0.0113*	32.4078	0.0034*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	43.1333	0.0631ns	5.8844	0.0040*	35.1767	0.0007**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบคุณภาพสีของน้ำชาชงสมุนไพรมะขามป้อมสายต้นหยกมณีก่อนการเก็บรักษาและที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง และ 0-5 °C นาน 1 เดือน (การทดลองครั้งที่ 2)

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	**ค่า C เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**	**ค่า h° เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**	**ค่า ΔE เฉลี่ย**	**P value (Paired T-test)**
ก่อนเก็บรักษาที่ (0 เดือน)	26.8922	-	88.69	-	28.0556	-
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	36.0322	0.0007**	83.5511	0.0016*	37.3378	0.0013*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	36.0956	0.0006**	83.7144	0.0034*	37.3778	0.0011*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน	36.1089	0.0007**	83.6667	0.0026*	37.3311	0.0012*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	32.8267	0.0001**	84.6589	0.0082*	34.1567	0.0008**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	32.1044	0.0014*	84.5711	0.0043*	33.7567	0.0016*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	32.7856	0.0002**	84.6544	0.0089*	34.2222	0.0009**
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	34.8322	0.0131*	82.5233	0.0015*	38.0911	0.0006**

		อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	

ค่า %Brix

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	49.5833	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.4518 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	45.5111	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0541 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	50.0278	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0007 **
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	42.3956	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	0.0528 ns
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0033 *

ค่า L*

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนเก็บรักษา (0 เดือน)	1.1333		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 เดือน	1.0333		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	34.1633		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน	1.0333		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน	0.9444		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 5 เดือน	0.9444		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน	0.9444		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน	1.0444		
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน			

ค่า h°

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	88.69	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.6564 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	83.5511	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0020 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	88.89	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0033 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	82.1067	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	0.0517 ns
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0012 *

ค่า C

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	26.8922	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.5489ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	36.0322	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0016*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	26.4222	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0023*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	34.7956	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	0.4493ns
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0027 *

ค่า ΔE

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	28.0556	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.3888ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	37.3378	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0004*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	27.3522	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0027*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	37.4678	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	0.9067ns
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0012 ns

ค่า %brix			
กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	1.1333	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.0650ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	1.0333	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.2165ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	1.2667	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0081*
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	1.0333	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	-
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0081*

กรมวิชาการเกษตร

ค่า a*			
กรรมวิธีเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	คู่เปรียบเทียบ	P value (Paired T-test)
ก่อนการเก็บรักษา	1.0144	ก่อนการเก็บรักษา กับ 0 °C	0.9154 ns
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน	5.4178	ก่อนการเก็บรักษา กับ 5 °C	0.0024 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0° C นาน 1 เดือน	1.04	อุณหภูมิห้อง กับ 0 °C	0.0033 *
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° C นาน 1 เดือน	5.7122	อุณหภูมิห้อง กับ 5 °C	0.4684 ns
		อุณหภูมิ 0 °C กับ 5 °C	0.0026*

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การผลิตชาสมุนไพรมะขามป้อมจำเป็นต้องมีการคัดขนาดสุกแก่มะขามป้อม เพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพวัตถุแห้งที่ใช้ทำชาสมุนไพร การเก็บรักษาชาสมุนไพรมะขามป้อมที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้สีของน้ำชาสมุนไพรมะขามป้อมเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพตั้งแต่เก็บรักษานาน 1 เดือน ดังนั้นการเก็บรักษาเนื้อผลแห้งในรูปชาสมุนไพรมะขามป้อมควรเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมความเย็นได้ ที่อุณหภูมิ 0-5 ^{0}C ดีกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ข้อเสนอแนะ ควรได้มีการวิเคราะห์หาสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่อาจจะลดลงตามสภาพการเก็บรักษาและระยะเวลาที่เก็บนานขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้นำตัวอย่างชาสมุนไพรไปใช้ร่วมจัดนิทรรศการในงานมหกรรมสมุนไพรแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมงานได้รับรู้ถึงรสชาดและประโยชน์

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (ไม่ระบุปีที่ตีพิมพ์). Blanching / การลวก. ค้นจาก https://www.foodnetworksolution. com/wiki/word/0797/blanching-การลวก. เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2564.

วชิรญา เหลียวตระกูล, วิจิตรา เหลียวตระกูล และจำลอง จักรกร. 2561. การส่งเสริมศักยภาพการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเห็ดตับเต่าแบบ การมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลสามเรือน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 61 หน้า.

วริพัสย์ อารีกุล, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ และสุวรรณ ทาเขียว. 2557. การพัฒนาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 73 pp.

สิปปกร สวัสดิ์สุขโข, นักรบ นาคประสม, สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ, ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร, ดวงพร อมรเลิศพิศาล และกาญจนา นาคประสม. 2565. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สารสกัดสมุนไพรอัดเม็ดและการประเมินอายุการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* ปีที่ 27(1): 504-523.

Ali, A., Chien Hwa Chong, Siau Hui Mah, Luqman Chuah Abdullah, Thomas Shean Yaw Choong and Bee Lin Chua. 2018. Impact of storage conditions on the stability of predominant

กรมวิชาการเกษตร

phenolic constituents and antioxidant activity of dried piper betle Extracts .Molecules. Vol. 23(2): 1-15.

Bhoge, Nilima Y. 2014. Deterioration of therapeutically important phytoconstituents and nutrients of amla (*Phyllanthus emblica*) due to temperature. *International Journal on Arts, Management and Humanities* Vol. 3(2): 33-35.

Gupta, R. K., Pradeep Kumar, Alka Sharma and R. T. Patil. 2011. Color kinetics of aonla shreds with amalgamated blanching during drying. *International Journal of Food Properties*, Vol. 14: 1232–1240.

Ibrahim, M. N. and G. H. Chong. 2008. Stability of andrographolide in Andrographis *paniculata* under selected storage conditions. *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 5(1): 69-73.

Kalaskar, M. G, V. S. Bagul, A. U. Tatiya, S. S. Chalikwar and S. J. Surana. 2018. Effects of different maturity stages on antioxidant attributes of Indian gooseberry (*Phyllanthus emblica* L.). IP Int. J. Compr. Adv. Pharmacol., Vol.3(2): 56-60.

Kumar, D. S. 2013. Efficient method of storage of dry herbs. *Hygeia. J. D. Med*. Vol. 5(2): 1-3.

Mediani, A., Faridah Abas, Chin Ping Tan and Alfi Khatib. 2014. Effects of different drying methods and storage time on free radical scavenging activity and total phenolic content of *Cosmos caudatus* . *Antioxidants*. Vol. 3: 358-370.

Morais, Sara Isabel Freitas. 2018. Effects of storage conditions on the stability of raspberry foams. Master thesis, Department of Chemical Engineering, Chair of Food and Bioprocess Engineering of the Technical University of Munich (TUM). 61 pp.

Pareek, S. and R. A. Kaushik. 2012. Effect of drying methods on quality of Indian gooseberry (*Emblica officinalis* Gaertn.) powder during storage. *Journal of Scientific & Industrial Research.* Vol. 71: 727-732.

Raaf, A., N. Suriaini, F. Djafar, Y. Syamsuddin and M. D. Supardan. 2021. Effect of drying temperature on the moisture loss, acidity and characteristics of Amla fruit. The 2nd International Conference on Agriculture and Bio-industry, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science vol. 667 (012047): 1-6.

Raaf, A., Tomy Wijaya Putra, Farid Mulana, Yanna Syamsuddin and Muhammad Dani Supardan. 2022. Investigation of kinetics of amla (*Emblica officinalis*) fruit drying process. *South African Journal of Chemical Engineering* Vol. 41:10–16.

Sonkar, N., Deependra Rajoriya, R. Chetana and K. Venkatesh Murthy. 2020. Effect of cultivars, pretreatment and drying on physicochemical properties of Amla (*Emblica officinalis*) gratings. *J Food Sci Technol*. Vol.57(3): 980–992.

13. ภาคผนวก

เอกสารแนบ

กรมวิชาการเกษตร