

ผลการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผักพื้นบ้านอบแห้ง

Effect of Pre-Treatments and Drying Temperatures on Physicochemical Properties and Microbial Counts of Dried Indigenous Vegetables

วิจิตรา เหลียวตระกูล* และวชิรญา เหลียวตระกูล

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

Wijitra Liaotrakoon* and Vachiraya Liaotrakoon

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya Huntra Campus, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้งและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีวินวิทยาของผักพื้นบ้าน ได้แก่ ดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้าน โดยเตรียมผักขั้นต้นก่อนการอบแห้งทั้งหมด 12 สภาวะ ได้แก่ การแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบคาร์บอเนต (KMS) กรดซิตริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที และการลวกเป็นเวลา 30, 45 และ 60 วินาที เปรียบเทียบกับผักสดเป็นตัวอย่างควบคุม จากนั้นนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งด้วยลมร้อนแบบถาดโดยใช้อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการเตรียมผักขั้นต้นและอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อกระบวนการอบแห้งและคุณภาพของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้านอบแห้ง เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้เวลาในการอบแห้งน้อยลง และพบว่าการเตรียมขั้นต้นก่อนการอบแห้งโดยการลวก ทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรแช่ในสารละลาย KMS, NaOH และกรดซิตริก ตามลำดับ ส่วนการแช่ในสารละลาย KMS นาน 15 นาที ก่อนการอบแห้ง ทำให้มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปรียบเทียบกับผักสดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมา คือ การแช่ในสารละลาย NaOH กรดซิตริก และการลวก ตามลำดับ เมื่อทำแห้งผักด้วยอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระ วิตามินซี ความชื้น และโปรตีนในผักอบแห้งทุกตัวอย่างลดลง แต่ทำให้การคืนตัว ปริมาณเยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้การแช่ในสารละลาย KMS

*ผู้รับผิดชอบบทความ : L_wijitra@hotmail.com

ก่อนการอบแห้งทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้านอบแห้งต่ำ และการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ของผักอบแห้งลดลง การทดลองสรุปได้ว่าการเตรียมผักขึ้นต้นด้วยการแช่ในสารละลาย KMS นาน 15 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำแห้งผักพื้นบ้าน

คำสำคัญ : การทำแห้ง; การเตรียมขึ้นต้น; ดอกขจร; ผักปลัง; ผักหวานบ้าน; สี; โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

Abstract

This research aimed to study the effect of pre-treatments prior to drying and drying temperatures on physical, chemical and microbiological properties of some indigenous vegetables, namely cowslip creeper, ceylon spinach and star gooseberry. These vegetables were pre-treated prior to drying for 12 conditions i.e., immersing in a solution of potassium metabisulfite (KMS), citric acid and sodium hydroxide (NaOH) for 5, 10 and 15 minutes, and blanching for 30, 45 and 60 seconds compared to fresh vegetables as a control sample. After that, they were dried with a tray hot-air dryer with 3 different temperatures (50, 60 and 70 °C). It was found that the pre-treatments prior to drying and drying temperatures significantly affected drying processes and properties of these dried cowslip creeper, ceylon spinach and star gooseberry. At higher drying temperatures, the drying time was shorter. It was also observed that blanching led to the shortest drying time compared with KMS, NaOH and citric acid soaking, respectively. The total color change value of vegetable soaking in KMS for 15 minutes before drying gave the lowest value compared with fresh vegetables ($p < 0.05$), followed by NaOH, citric acid soaking and blanching, respectively. When drying at higher temperatures, the water activity, vitamin C, moisture and protein contents of all dried vegetables were reduced, whereas the rehydration, fiber and ash contents were increased significantly ($p < 0.05$). In addition, the KMS soaking before drying led to a low number of total microbial counts, and yeast and mold count of all dried vegetables. Also, drying at high temperature resulted in decreasing of their microbial counts. According to the results, it could be concluded that KMS soaking for 15 min and then drying at 70 °C was the optimum condition for drying these indigenous vegetables.

Keywords: drying; pre-treatment; cowslip creeper (*Telosma minor*); Ceylon spinach (*Basella alba*); star gooseberry (*Sauropus androgynus*); color; potassium metabisulfite

1. บทนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุ์พืชสูง ขึ้นกับภูมิประเทศและสภาพอากาศ คนไทยรู้จักใช้

ประโยชน์จากผักพื้นบ้านที่เป็นพืชพันธุ์ที่มีอยู่ทั่วไปในการนำมาประกอบอาหารและใช้เป็นยารักษาโรค ผักพื้นบ้านอาจมีชื่อเฉพาะและสามารถนำไปประกอบเป็น

อาหารตามกรรมวิธีเฉพาะของท้องถิ่น มักใช้ยอดพืช ผล ดอก และใบเป็นอาหาร ผักพื้นบ้านอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ เยื่อใยอาหาร เป็นต้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย รวมทั้งมีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ รงควัตถุ สารฟีนอลิกต่าง ๆ เป็นต้น [1,2] ปัจจุบันพืชผักพื้นบ้านบางชนิดสามารถปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และเป็นที่ยอมรับในการบริโภค มีแนวโน้มในการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างหลากหลาย เช่น ขจรหรือสลิด (cowslip creeper, *Telosma minor*) เป็นไม้เลื้อย ดอกออกเป็นช่อกระจุก หรือเป็นพวง ออกตามซอกใบ กลีบดอกเหลือง หรือเขียวอมเหลือง ดอกมีกลิ่นหอมและรสหวาน รวมทั้งดอกขจรยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย [3] ผักปลั่ง (ceylon spinach, *Basella alba*) เป็นไม้เลื้อยล้มลุก ใบเดี่ยว เนื้อใบบางนุ่มและมีเมือกเหนียว สามารถใช้เป็นอาหารและยาสมุนไพรได้ ผักปลั่งอุดมด้วยสารประกอบฟีนอลิก ปีทาเลน แครโทีนอยด์ เพปไทด์ ไทรเทอร์พีนแซโพนิน และพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดสารเมือก จึงมีประโยชน์ต่อร่างกาย และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ [4,5] ผักหวาน บ้าน (star gooseberry, *Sauropus androgynus*) เป็นพืชใบเดี่ยวเรียงสลับ ด้านบนสีเขียวเข้ม ด้านล่างสีเขียวอ่อน ผักหวานมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยโปรตีน เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และวิตามินซี ทั้งยังมีสารฟีนอลิก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง [6]

การเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วของผักสด จึงต้องมีการแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา การทำแห้งเป็นวิธีหนึ่งในการกำจัดน้ำออกจากอาหาร เพื่อลดปริมาณความชื้นของอาหาร ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยการทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดเป็นเครื่องมือทำแห้งที่ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ คุณลักษณะของผักอบแห้งขึ้นอยู่กับเครื่องมือ อุณหภูมิ

และเวลาในการทำแห้ง รวมทั้งลักษณะและสมบัติของวัตถุดิบเริ่มต้น [7,8] นอกจากนี้การเตรียมวัตถุดิบขึ้นต้นก่อนการทำแห้งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่ช่วยปรับปรุงกระบวนการทำแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลดระยะเวลาการทำแห้ง ช่วยรักษาสี กลิ่น รส คุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น การเตรียมวัตถุดิบขึ้นต้นก่อนการทำแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลวก การใช้สารละลายออสโมติก และการแช่สารประกอบซัลไฟต์ [9] การลวกช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสของวัตถุดิบระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา และมีรายงานว่า การลวกก่อนการทำแห้ง ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าสั้นลง ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งมีความพองตัวสูงและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค [10] เนื่องจากการลวกมีผลทำให้แรงยึดจับระหว่างโมเลกุลลดลง จึงทำให้มีการรับน้ำและเกิดการพองตัวขึ้นได้ ทำให้เกิดชั้นบางที่บริเวณผิวหน้าของวัตถุดิบ ส่งผลให้การระเหยของไอน้ำช้าลง [11] ส่วนการใช้สารเคมีในการเตรียมผักขึ้นต้นนั้น ช่วยลดระยะเวลาการทำแห้งให้สั้นลง และลดปริมาณความชื้นของวัตถุดิบได้ สารประกอบซัลไฟต์นั้นเป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่เกิดจากเอนไซม์และไม่เอนไซม์ โดยสารประกอบซัลไฟต์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulfite, KMS) ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำระหว่างการทำแห้ง ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ ช่วยปรับปรุงสีและเนื้อสัมผัสของวัตถุดิบ การแช่สารประกอบซัลไฟต์และกรดซิตริกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ลดลง และยังคงรักษาสีของผลิตภัณฑ์ได้ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite, SMS) และ

Table 1 Pre-treatments prior to drying compared with control sample (fresh vegetable)

No.	Pre-treatments	Times
1	Soaking with 0.1 % potassium metabisulfite	5 minutes
2	Soaking with 0.1 % potassium metabisulfite	10 minutes
3	Soaking with 0.1 % potassium metabisulfite	15 minutes
4	Soaking with 0.5 % citric acid	5 minutes
5	Soaking with 0.5 % citric acid	10 minutes
6	Soaking with 0.5 % citric acid	15 minutes
7	Soaking with 1 % sodium hydroxide	5 minutes
8	Soaking with 1 % sodium hydroxide	10 minutes
9	Soaking with 1 % sodium hydroxide	15 minutes
10	Blanching in boiled water	30 seconds
11	Blanching in boiled water	45 seconds
12	Blanching in boiled water	60 seconds

กรดซิตริกจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีปริมาณสารฟีนอลิก แคลโรทีนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น [12-15] สำหรับการแช่วัตถุดิบด้วยสารละลายต่าง เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ก่อนการอบแห้งช่วยเพิ่มอัตราการทำให้แห้งและการถ่ายเทความชื้นระหว่างการทำให้แห้งได้ [16,17] ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งด้วยลมร้อนแบบถาดและอุณหภูมิต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานอบแห้ง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนการทำแห้งวัตถุดิบ

ผักพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้าน ซึ่งเป็นผักที่

จำหน่ายในตลาดพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำผักมาล้างทำความสะอาด ผักหวานและผักปลังตัดเฉพาะใบ ส่วนดอกขจรใช้ส่วนดอก เด็ดออกเป็นดอกเดี่ยว จากนั้นนำมาเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนนำไปทำแห้งทั้งสิ้น 12 สภาวะ ในอัตราส่วนผักต่อสารละลายเป็น 1 : 2 โดยน้ำหนัก และแช่ในสารละลายที่อุณหภูมิห้องตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 1 และนำผักที่ผ่านกระบวนการเตรียมด้วยวิธีดังกล่าวมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที สะเด็ดน้ำ และนำไปอบแห้งตามสภาวะที่กำหนดต่อไป

2.2 กระบวนการอบแห้งผักพื้นบ้าน

นำผักที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนการทำให้แห้งตามตารางที่ 1 มาศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) โดยกำหนดความเร็วลมร้อนที่ใช้เป็น 0.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการทำให้แห้งที่ศึกษามี 3 อุณหภูมิ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส จัดเรียงผักโดยไม่

ซ้อนทับกันในภาค ทดลอง 3 ซ้ำ ในระหว่างการทำแห้ง ชั่งน้ำหนักทุก ๆ 15 นาที จนกระทั่งน้ำหนักของผักอบแห้งคงที่ เพื่อนำมาทำกราฟการทำแห้ง (drying curve) หลังจากนั้นนำผักอบแห้งมาบรรจุปิดสนิทในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab colorimeter) โดยวัดค่าสี L^* เป็นค่าความสว่าง (lightness) ค่าสี a^* เป็นค่าสีเขียว (-) และสีแดง (+) และค่าสี b^* เป็นค่าสีน้ำเงิน (-) และ สีเหลือง (+) วัด 3 ซ้ำ และคำนวณเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (total color change) ตามสมการที่ 1 เมื่อ L^*_0 , a^*_0 และ b^*_0 คือ ค่าสีของผักสดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นและยังไม่ได้อบแห้ง และ L^* , a^* และ b^* คือ ค่าสีของผักอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ [18] เพื่อคัดเลือกวิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละอุณหภูมิการทำแห้ง ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี = $\sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2}$ (1)

สำหรับการวิเคราะห์การคืนตัว (rehydration) ทดสอบการคืนตัวของผักอบแห้งโดยนำผักอบแห้งมาแช่ในน้ำที่ อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นกรองน้ำออกและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างหลังการคืนตัว คำนวณร้อยละของการคืนตัว โดยน้ำหนักของผักหลังการคืนตัวหารด้วยน้ำหนักของผักก่อนการคืนตัว และคูณด้วย 100 (ดัดแปลงจาก [18])

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) โดยเครื่อง water activity meter (Aqualab, 4TEV) และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี 2,6-dichlorophenolindophenol titrimetric [19] ส่วนองค์ประกอบทางเคมี วิเคราะห์ตาม AOAC

[19] ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธี hot air oven ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณไขมันด้วยวิธี solvent extraction ปริมาณเถ้าด้วยวิธี dry ashing ปริมาณเยื่อใยด้วยวิธี solvent extraction และปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ รายงานผลเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยวิธีมาตรฐาน plate count agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับโคโลนีจากทั้งสองจานเพาะเชื้อต่อหนึ่งความเจือจาง รายงานผลการตรวจนับเป็นโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (colony forming unit, CFU/g) และวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราโดยวิธีมาตรฐาน aerobic plate count บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน นับจำนวนปริมาณยีสต์และรา รายงานผลเป็น CFU/g ของอาหารตัวอย่าง [20]

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพของผักพื้นบ้านอบแห้ง

การทำแห้งผักพื้นบ้าน ได้แก่ ดอกขจร ผักปลั่ง และผักหวานบ้าน ที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นทั้ง 12 สภาวะ และทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60

และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าผักหวานให้ปริมาณผลผลิต (yield) มากที่สุด (ร้อยละ 21.43) ส่วนปริมาณผลผลิตของดอกขจรและผักปลังอบแห้งใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 13.29-14.58 จากรูปที่ 1 ถึง 3 แสดงการอบแห้งของผักแต่ละชนิดในแต่ละอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแห้งเมื่ออุณหภูมิทำแห้งสูงขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง การทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยที่สุด ตามด้วยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเวลาในการทำแห้งนานขึ้น น้ำหนักของผักมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งคงที่เนื่องจากน้ำในผักเกิดการระเหยกลายเป็นไอ โดยมีอากาศร้อนจากเครื่องอบแห้งพาไอน้ำระเหยออกมาจากภายในของตัวอย่างผัก ทำให้บริเวณผิวภายนอกของผักมีความดันไอลดลง ไอน้ำที่อยู่ภายในจึงเคลื่อนที่ออกมา เมื่อถึงจุดหนึ่งที่มีความดันไอน้ำในผักเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศปริมาณความชื้นจะคงที่

รูปที่ 1 ถึง 3 พบว่าการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นมีผลต่อเวลาในการทำแห้งดอกขจร ผักปลัง และผักหวาน โดยการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวก ทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการเตรียมขั้นต้นโดยการแช่สารละลาย KMS, NaOH และกรดซิตริก ตามลำดับ การทำแห้งดอกขจรที่เตรียมโดยการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด (รูปที่ 1) เช่นเดียวกับผักปลังที่ลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด (195, 105 และ 75 นาที ตามลำดับ, รูปที่ 2) ส่วนผักปลังที่เตรียมโดยการแช่สารละลายกรดซิตริกจะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุด สำหรับการอบแห้งผักหวาน พบว่าผักหวานแช่สารละลายกรดซิตริก และ NaOH และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุด (105 นาที)

แต่ผักหวานที่ลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด (165 และ 75 นาที ตามลำดับ) ส่วนผักหวานที่ผ่านการลวกและการแช่สารละลาย KMS แล้วนำมาอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด (75 นาที) (รูปที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากการลวกทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารเพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียและน้ำหนักที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง [21] และมีรายงานการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นด้วยสารเคมีสามารถลดเวลาในการอบแห้งและปริมาณความชื้นได้ โดย KMS ช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้งของวัตถุดิบ ทำให้ลดระยะเวลาในการทำแห้งให้สั้นลงเนื่องจาก KMS ไปปรับโครงสร้างของผิววัตถุดิบทำให้แรงต้านทานภายในต่อการแพร่ของน้ำต่ำ ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการทำแห้งมากขึ้น [12,18,22] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การเตรียมขั้นต้นด้วยสารละลาย NaOH และอบแห้งที่อุณหภูมิสูง จะช่วยเพิ่มอัตราการแห้งและการแพร่กระจายความชื้นและเมื่อขนาดของวัตถุดิบลดลงจะส่งผลต่ออัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นด้วย [23]

ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีของผักอบแห้งที่ได้ในแต่ละวิธีการเตรียมและสภาวะการอบแห้งเปรียบเทียบกับผักสดได้ผลดังตารางที่ 2 พบว่าวิธีการเตรียมและสภาวะการอบแห้งมีผลต่อสีของผักพื้นบ้านอบแห้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบสีของผักจากการเตรียมผักขั้นต้นนั้น สีของผักอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย KMS มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปรียบเทียบกับผักสดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมา คือ การแช่สารละลาย NaOH กรดซิตริก และการลวก ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงชัดเจนว่าสีของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานอบแห้งที่เตรียมโดยการแช่ KMS มีสีใกล้เคียงกับสีของผักสดมากที่สุด โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี 0.05-0.13 เท่านั้น

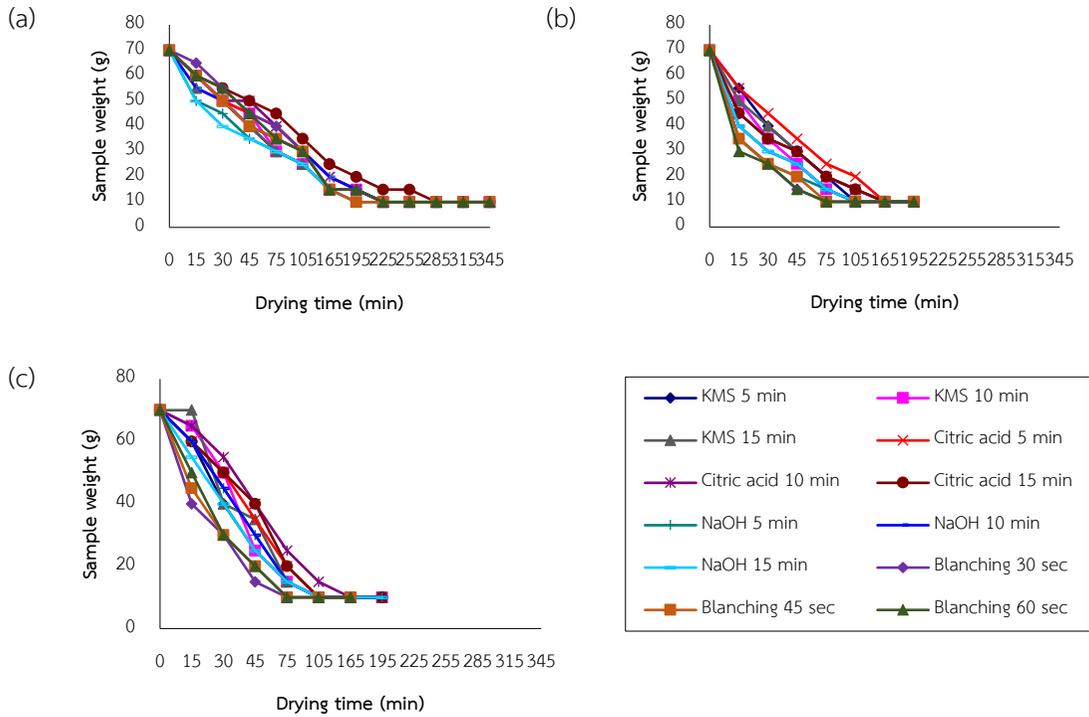


Figure 1 Drying curves of cowslip creeper at (a) 50 °C, (b) 60 °C and (c) 70 °C

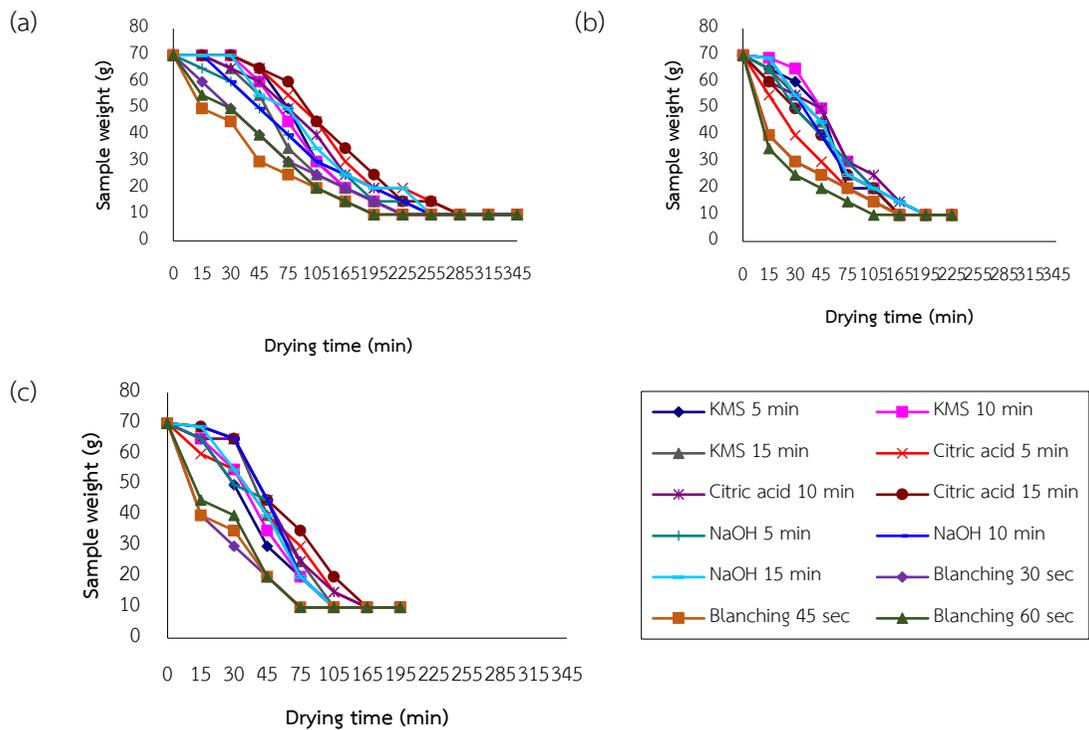


Figure 2 Drying curves of ceylon spinach at (a) 50 °C, (b) 60 °C and (c) 70 °C

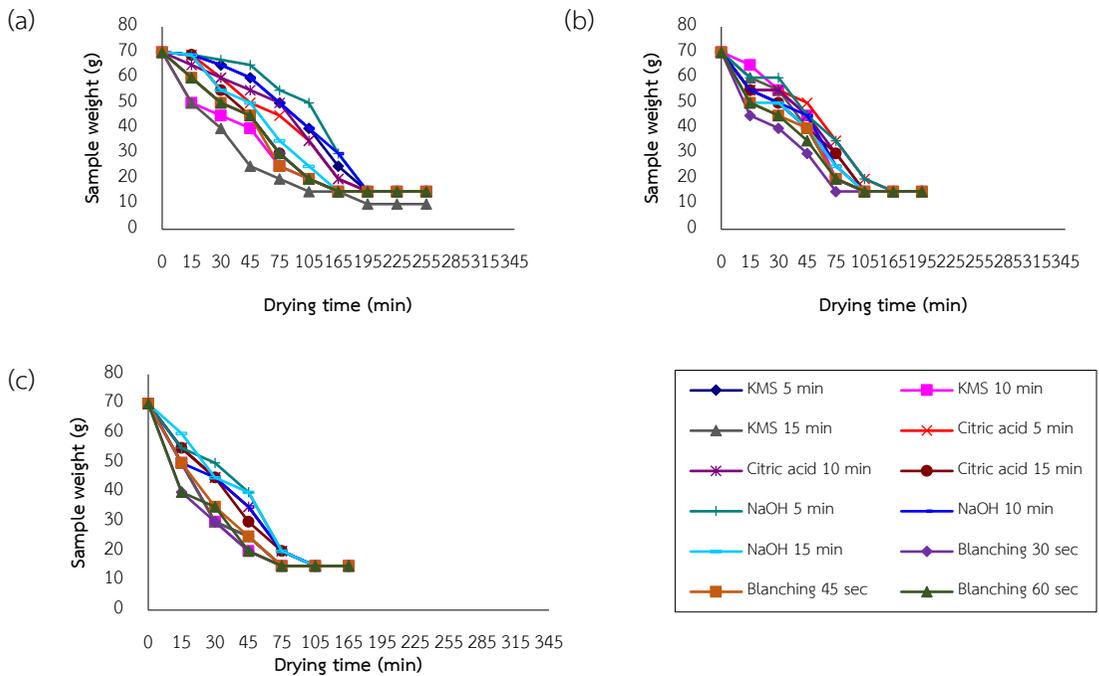


Figure 3 Drying curves of star gooseberry at (a) 50 °C, (b) 60 °C and (c) 70 °C

Table 2 Total color change of dried indigenous vegetables compared to fresh vegetables

Treatments	Drying temperatures (°C)								
	Cowslip creeper			Ceylon spinach			Star gooseberry		
	50	60	70	50	60	70	50	60	70
Untreated (control)	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
KMS 5 min	0.27±0.02 ^d	0.19±0.02 ^c	0.20±0.02 ^c	0.22±0.01 ^d	0.21±0.01 ^d	0.22±0.01 ^d	0.34±0.01 ^e	0.28±0.02 ^e	0.12±0.01 ^c
KMS 10 min	0.26±0.01 ^d	0.18±0.01 ^c	0.19±0.01 ^c	0.12±0.02 ^c	0.18±0.02 ^c	0.17±0.02 ^c	0.16±0.02 ^c	0.12±0.01 ^c	0.12±0.01 ^c
KMS 15 min	0.13±0.02 ^b	0.13±0.01 ^b	0.12±0.02 ^b	0.06±0.01 ^b	0.13±0.02 ^b	0.13±0.02 ^b	0.13±0.00 ^b	0.06±0.01 ^b	0.05±0.01 ^b
Citric acid 5 min	0.49±0.02 ^s	0.49±0.02 ^s	0.50±0.02 ^s	0.45±0.02 ^s	0.34±0.02 ^f	0.56±0.01 ^s	0.56±0.01 ^s	0.35±0.02 ^s	0.23±0.02 ^d
Citric acid 10 min	0.36±0.01 ^e	0.44±0.01 ^f	0.49±0.02 ^s	0.34±0.02 ^e	0.22±0.01 ^d	0.45±0.01 ^f	0.46±0.02 ^f	0.29±0.01 ^e	0.22±0.02 ^d
Citric acid 15 min	0.35±0.02 ^e	0.37±0.01 ^e	0.36±0.01 ^f	0.23±0.02 ^d	0.21±0.01 ^d	0.46±0.02 ^f	0.44±0.02 ^f	0.23±0.01 ^d	0.23±0.03 ^d
NaOH 5 min	0.20±0.01 ^c	0.20±0.02 ^c	0.26±0.01 ^d	0.21±0.01 ^d	0.17±0.01 ^c	0.21±0.01 ^d	0.22±0.02 ^d	0.23±0.02 ^d	0.27±0.02 ^e
NaOH 10 min	0.20±0.02 ^c	0.26±0.01 ^d	0.38±0.01 ^f	0.22±0.02 ^d	0.23±0.02 ^d	0.34±0.01 ^e	0.34±0.01 ^e	0.23±0.01 ^d	0.28±0.02 ^e
NaOH 15 min	0.25±0.01 ^d	0.25±0.02 ^d	0.37±0.03 ^f	0.13±0.02 ^c	0.46±0.02 ^s	0.34±0.03 ^e	0.32±0.01 ^e	0.24±0.02 ^d	0.32±0.01 ^f
Blanching 30 sec	0.50±0.03 ^s	0.38±0.01 ^e	0.50±0.01 ^s	0.39±0.02 ^f	0.45±0.02 ^s	0.45±0.02 ^f	0.57±0.02 ^s	0.43±0.01 ^h	0.43±0.01 ^s
Blanching 45 sec	0.50±0.03 ^s	0.25±0.01 ^d	0.37±0.02 ^f	0.34±0.02 ^e	0.35±0.02 ^f	0.34±0.01 ^e	0.46±0.02 ^f	0.31±0.01 ^f	0.46±0.01 ^s
Blanching 60 sec	0.39±0.02 ^f	0.25±0.02 ^d	0.32±0.01 ^e	0.21±0.01 ^d	0.25±0.01 ^e	0.34±0.01 ^e	0.24±0.02 ^d	0.32±0.01 ^f	0.32±0.01 ^f

Results shown as means ± SD (n = 3). Data within columns followed by different letters are significantly different (p < 0.05).

เมื่อแช่สารละลาย KMS นานขึ้นจาก 5 เป็น 15 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ผักอบแห้งที่

ได้จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก KMS มีสมบัติยับยั้งการเปลี่ยนสีในผักอบแห้งจาก

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์และที่ไม่ใช่เอนไซม์ ขณะที่สีผักพื้นบ้านอบแห้งที่เตรียมโดยลวกมีการเปลี่ยนแปลงสีจากผักสดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในช่วง 0.21-0.57 จึงสรุปได้ว่าวิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานอบแห้งที่เหมาะสม โดยสีของผักอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด คือ การเตรียมโดยแช่ในสารละลาย KMS นาน 15 นาที ในทุกอุณหภูมิการอบแห้งที่ศึกษา (50-70 องศาเซลเซียส)

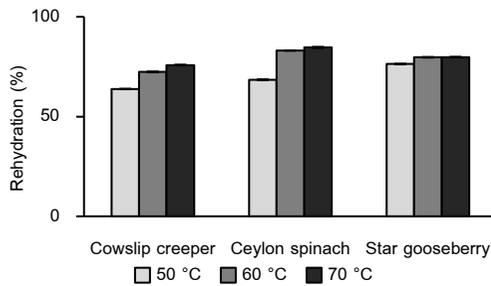


Figure 4 Rehydration of indigenous vegetables dried at 50, 60 and 70 °C

ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Khayyat และคณะ [24] เมื่อความเข้มข้นของ KMS เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 4 จะช่วยปรับปรุงการสูญเสียน้ำหนัก การคืนรูป และการเปลี่ยนแปลงสีทั้งหมดได้ อุณหภูมิการอบแห้งมีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ยกเว้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจาก 45 เป็น 75 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าสีและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างและมุมสีลดลง รายงานของ วิษณวิ และพรนภา [10] พบว่าการเตรียมกล้วยน้ำว้าขั้นต้นก่อนการอบแห้งจะทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งลดลง โดยการลวกในน้ำเดือด 5 นาทีก่อนการอบแห้ง ทำให้กล้วยอบแห้งมีการพองตัว และคะแนนความชอบ

โดยรวมสูงที่สุด ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเตรียมกล้วยโดยการแช่ใน SMS จะช่วยรักษาสีหลังจากอบแห้งได้ [25] เช่นเดียวกับการแช่มะม่วงด้วย SMS ทำให้ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและค่าการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด และทำให้มีค่าการคืนตัวสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก และตัวอย่างที่เตรียมโดยการเคลือบผิวด้วยน้ำตาลซูโครสผง [26] การเตรียมพริกก่อนการอบแห้งโดยการปรับสภาพด้วยสารเคมีที่แตกต่างเพื่อคงรักษาสีและคงสภาพของสารอาหาร พบว่า SMS รักษาความคงตัวของสี แต่ไม่สามารถคงสภาพของสารอาหารในพริก ส่วนการใช้ SMS ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้พริกแห้งมีความคงตัวของสีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพริกสด สีน้ำตาลของพริกแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ และการสลายตัวของสารฟีนอลิกด้วยความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน [27] และพบว่าการลวกด้วย KMS ก่อนการอบแห้งจะยับยั้งปฏิกิริยาจากเอนไซม์และยังช่วยปรับปรุงสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ [14]

นอกจากนี้ผลการคืนตัวของผักอบแห้งที่เตรียมโดยแช่ในสารละลาย KMS นาน 15 นาที ก่อนการอบแห้ง แสดงตามรูปที่ 4 พบว่าผักอบแห้งทุกตัวอย่างมีการคืนตัวมากกว่าร้อยละ 63.81 เมื่อทำแห้งผักด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ผักอบแห้งมีแนวโน้มในการคืนตัวในน้ำที่อุณหภูมิห้องได้มากขึ้น โดยดอกขจร ผักปลัง และผักหวานที่เตรียมโดยแช่สารละลาย KMS นาน 15 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีการคืนตัวมากที่สุด (การคืนตัวร้อยละ 75.81-84.62) รองลงมา คือ ผักพื้นบ้านอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (การคืนตัวร้อยละ 72.38-83.08) และ 50 องศาเซลเซียส (การคืนตัวร้อยละ 63.81-76.32) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผักอบแห้งที่อุณหภูมิ

Table 3 Chemical properties of indigenous vegetables dried at 50, 60 and 70 °C

Samples	a _w	Vitamin C (mg/100 g)	Chemical composition (%)					
			Protein	Fiber	Ash	Fat	Carbohydrate	Moisture
Cowslip creeper								
KMS 15 min, 50 °C	0.65±0.00 ^e	12.1±0.02 ^c	27.39±0.02 ^a	5.29±0.02 ^f	4.25±0.05 ^h	6.02±0.05 ^s	51.43±0.05 ^f	5.62±0.07 ^d
KMS 15 min, 60 °C	0.62±0.01 ^d	9.7±0.01 ^d	26.39±0.02 ^{ab}	5.31±0.04 ^f	5.24±0.04 ^s	5.79±0.01 ^d	51.97±0.05 ^f	5.30±0.05 ^b
KMS 15 min, 70 °C	0.58±0.00 ^b	7.5±0.00 ^f	25.34±0.04 ^b	6.49±0.03 ^f	7.20±0.01 ^f	5.85±0.03 ^e	50.20±0.04 ^d	4.92±0.03 ^a
Ceylon spinach								
KMS 15 min, 50 °C	0.62±0.00 ^d	14.8±0.02 ^a	26.35±0.14 ^{ab}	12.13±0.02 ^d	10.79±0.06 ^e	5.25±0.02 ^a	39.70±0.04 ^c	5.78±0.04 ^e
KMS 15 min, 60 °C	0.61±0.00 ^{cd}	8.1±0.00 ^e	25.42±0.03 ^b	12.22±0.03 ^d	13.56±0.03 ^d	5.32±0.01 ^b	37.97±0.04 ^b	5.51±0.02 ^c
KMS 15 min, 70 °C	0.53±0.02 ^a	7.6±0.01 ^f	24.97±0.05 ^b	13.25±1.86 ^c	15.37±0.02 ^b	5.91±0.03 ^f	35.59±0.05 ^a	4.91±0.03 ^a
Star gooseberry								
KMS 15 min, 50 °C	0.70±0.01 ^f	13.8±0.02 ^b	5.71±0.01 ^c	15.67±0.02 ^b	13.98±0.01 ^d	5.74±0.03 ^d	53.07±0.06 ^s	5.83±0.06 ^e
KMS 15 min, 60 °C	0.62±0.00 ^d	11.7±0.01 ^c	4.81±0.03 ^d	15.98±0.03 ^b	14.67±0.02 ^c	5.61±0.02 ^c	53.44±0.04 ^s	5.49±0.04 ^c
KMS 15 min, 70 °C	0.60±0.00 ^c	7.7±0.01 ^f	4.42±0.04 ^d	16.07±0.02 ^a	17.02±0.04 ^a	5.93±0.03 ^s	51.67±0.02 ^f	4.89±0.01 ^a

Results shown as means ± SD (n = 3). Data within columns followed by different letters are significantly different (p < 0.05).

70 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ทำให้สามารถดูดซับน้ำและคืนตัวได้มากกว่าผักที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.2 ผลการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางเคมีของผักพื้นบ้านอบแห้ง

อุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อค่า a_w และปริมาณวิตามินซีของผักอบแห้ง (ตารางที่ 3) เมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ค่า a_w และปริมาณวิตามินซีของผักอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) การสูญเสียวิตามินซีในผักอบแห้งนั้น เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจากความร้อน เมื่อใช้ความร้อนในการอบแห้งสูงขึ้น ทำให้วิตามินซีเกิดการสูญเสียมากขึ้น แต่ทำให้ค่า a_w ลดลง เนื่องจากน้ำอิสระในอาหารได้ระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยแสดงว่าผักอบแห้งมีโอกาสที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้นานขึ้น

ผลการศึกษาคุณภาพด้านเคมีของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานอบแห้งได้ผลตามตารางที่ 3 พบว่าผักพื้นบ้านอบแห้งเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนาการ

สูง ถือเป็นแหล่งของโปรตีน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต โดยดอกขจรและผักปลังอบแห้งมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 24.97-27.39 ผักปลังและผักหวานบ้านอบแห้งมีปริมาณเยื่อใยสูงถึงร้อยละ 12.13-16.07 และดอกขจรและผักหวานบ้านอบแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 50.20-53.44 และพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผักอบแห้ง โดยปริมาณความชื้นของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ทำให้น้ำในตัวอย่างระเหยออกมาได้มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นลดลง การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผักอบแห้งพบว่าปริมาณโปรตีน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณเถ้า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นจาก 50 เป็น 70 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากหากใช้อุณหภูมิสูง โปรตีนอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงและทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง

ส่วนปริมาณเชื้อโอยและเถ้าของผักพื้นบ้านอบแห้งมีปริมาณสูงขึ้น เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ผักหวาน ผักปลั่ง และดอกขจรอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อโอยมากที่สุดและรองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณเถ้า พบว่าผักอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมา คือ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการเตรียมขั้นต้นมีความสำคัญต่อคุณลักษณะของผักผลไม้อบแห้ง มีรายงานการเตรียมมะม่วงโดยแช่ใน SMS ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีและแคโรทีนน้อยกว่าตัวอย่างที่เตรียมโดยแช่ในในสารละลายกรดซิตริกและกรดแอสคอบิก [26] ส่วนระยะการสุกและอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อค่าสี ปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ เอและบี และคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ [8]

Table 4 Microbiological properties of dried indigenous vegetables at 50, 60 and 70 °C

Samples	Total plate count (CFU/g)	Yeast and mold (CFU/g)
Cowslip creeper		
KMS 15 min, 50 °C	300	<10
KMS 15 min, 60 °C	160	<10
KMS 15 min, 70 °C	100	not detected
Ceylon spinach		
KMS 15 min, 50 °C	293	<10
KMS 15 min, 60 °C	130	<10
KMS 15 min, 70 °C	100	not detected
Star gooseberry		
KMS 15 min, 50 °C	176	<10
KMS 15 min, 60 °C	130	<10
KMS 15 min, 70 °C	100	not detected

3.3 ผลการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผักพื้นบ้านอบแห้ง

ผลการศึกษาคุณภาพด้านจุลชีววิทยาของดอกขจร ผักปลั่ง และผักหวานอบแห้ง โดยศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราได้ผลตามตารางที่ 4 พบว่าค่า a_w มีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผักพื้นบ้านอบแห้ง โดยเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่า a_w ของผักอบแห้งลดลง (ตารางที่ 3) ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง เมื่ออบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส พบจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วง 176-300 CFU/g เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดอกขจร ผักปลั่ง และผักหวานอบแห้งมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด (100 CFU/g) เนื่องจากปริมาณความชื้นในผักอบแห้งค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 4.89-5.83) และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 (ตารางที่ 3) จึงสามารถระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ผักอบแห้งทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในระดับต่ำ ส่วนปริมาณยีสต์และราที่พบในผักอบแห้งเป็นดังนี้ ดอกขจร ผักปลั่ง และผักหวานอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g ส่วนผักหวาน ผักปลั่ง และดอกขจรอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ไม่พบยีสต์และราในตัวอย่างผักอบแห้ง และพบว่าการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นโดยการแช่สารละลาย KMS ทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในตัวอย่างน้อยกว่า 300 CFU/g ทั้งนี้เนื่องจากการแช่สารประกอบซัลไฟต์นั้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [11] จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราที่พบในผลิตภัณฑ์ผักแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาผงได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 CFU/g และยีสต์และ

ราที่พบในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 10 CFU/g แสดงว่าผลิตภัณฑ์ผักหวานอบแห้ง ผักปลังอบแห้ง และดอกขจรอบแห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบถาดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมชาผงกำหนดและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4. สรุป

การเตรียมผักขึ้นต้นและอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และคุณภาพของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้านอบแห้ง เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ทำให้เวลาในการอบแห้งน้อยลง และการเตรียมผักขึ้นต้นด้วยการลวก ทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมผักขึ้นต้นโดยการแช่สารละลาย KMS, NaOH และกรดซิตริก ตามลำดับ วิธีการเตรียมและสภาวะการอบแห้งมีผลต่อสีของผักพื้นบ้านอบแห้งอย่างชัดเจน โดยสีของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานที่แช่ KMS ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 15 นาที ก่อนการอบแห้งมีสีใกล้เคียงกับสีของผักสดมากที่สุด โดยพบว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงสีจากผักสดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมา คือ สีของผักแห้งที่เตรียมขึ้นต้นโดยการแช่สารละลาย NaOH กรดซิตริก และการลวก ตามลำดับ เมื่อทำแห้งผักด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ผักอบแห้งมีการคินตัวมากขึ้น โดยผักอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีการคินตัวมากที่สุด และผักพื้นบ้านอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีการคินตัวน้อยที่สุด อุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้าน เมื่อใช้ความร้อนในการอบแห้งสูงทำให้วิตามินซีเกิดการสูญเสียมากขึ้น ค่า a_w ปริมาณความชื้น และโปรตีนลดลง แต่ปริมาณเยื่อใยและเส้นใยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ อุณหภูมิการทำแห้งและการเตรียมวัตถุดิบขึ้นต้นโดย

การแช่สารละลาย KMS ส่งผลต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผักพื้นบ้านอบแห้ง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้านอบแห้งค่อนข้างต่ำ และมีปริมาณลดลง เมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น สภาวะการเตรียมผักขึ้นต้นและการทำแห้งที่เหมาะสมของดอกขจร ผักปลัง และผักหวานบ้านอบแห้งคือ การแช่ KMS ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในอัตราส่วนผักต่อสารละลาย KMS เป็น 1 : 2 โดยน้ำหนัก นาน 15 นาที และทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้สีของผักอบแห้งใกล้เคียงกับสีของผักสดมากที่สุด มีการคินตัวมากที่สุด และมีค่า a_w และปริมาณจุลินทรีย์ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักอบแห้ง และอาจนำไปต่อยอดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผักพื้นบ้านของประเทศไทยต่อไป

5. References

- [1] Thirasiri, L., 1999, Indigenous vegetables: Food against disease, Academic Conference Article Local Vegetables and Local Food 4 Regions, Ministry of Public Health, Nonthaburi. (in Thai)
- [2] Khamluang, P. and Sumpowthong, K. , 2019, Wisdoms related to local vegetable consumption for health purposes in Sisaket Subdistrict, Na Noi district, Nan province, Thammasat Med. J. 19(1): 90-98. (in Thai)
- [3] Kongchantree, T., 2011, Study of antioxidant activity in some local vegetables in Chachoengsao province, J. Rajanagarindra, 1(1): 55-60. (in Thai)

- [4] Chatchawal, C. and Nualkaew, N., 2009, Ceylon spinach (*Basella alba* L.), a nutritious local vegetable with potential for health food production, *J. Thai Tradit. Alternat. Med.* 7(2-3): 197-201. (in Thai)
- [5] Jaichuen, P. and Samutsri, W., 2014, The optimum extraction temperature of mucilage polysaccharide from okra, jew's ear mushroom, ceylon spinach, and paco fern, pp. 415- 149, *Rethink: Social Development for Sustainability in ASEAN Community*, Centara Hotel & Convention Center, Khon Kaen. (in Thai)
- [6] Chaimat, W., Srimongkal, W. and Phaiphon, A., 2007, Product development of herbal tea form Phak Wan Ban [*Sauropus androgynus* (Linn.) Merr.], *Rajabhat Agric.* 6(2): 30-38. (in Thai)
- [7] Therdthai, N. and Krajangmathekul, S., 2011, Effect of microwave assisted hot air drying on quality of dried pumpkin, pp. 133-140, *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- [8] Pakpot, W., Siriwattananon, L., Lapsongphon, N. and Lichanporn, I., 2019, Influence of temperature and time drying on physical and chemical quality of mango peel powder, pp. 662-672, *The 20th National Graduate Research Conference*, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- [9] Pott, I., Neidhart, S., Muhlbauer, W. And Carle, R., 2005, Quality improvement of non-sulphited mango slices by drying at high temperatures, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 6: 412-419.
- [10] Yuenyongputtakal, W. and Noyphan, P., 2010, Effects of pre-treatment and high temperature short time drying conditions on the quality of dried banana (*Musa sapientum*), *Agric. Sci. J.* 41(3/1): 229-232. (in Thai)
- [11] Varnalis, A.I., Brennan, J.G., and MacDougall, D.B., 2001, A proposed mechanism of high-temperature puffing of potato, Part I: The influence of blanching and drying conditions on the volume of puffed cubes, *J. Food Eng.* 48: 361-367.
- [12] Vásquez-Parra, J.E., Ochoa-Martínez, C.I. and Bustos-Parra, M., 2013, Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*), *J. Food Eng.* 119: 648-654.
- [13] Eleyinmi, A.F., Ilelaboye, N.O.A., Aiyeye, F.B. and Akoja, S.S., 2002, Effect of different pre-drying operations on some nutritionally valuable minerals, ascorbic acid and rehydration index of *Capsicum* species, *Trop. Agric. Res. Ext.* 5: 57-61.
- [14] Prajapati, V.K., Prabhat, K.N. and Rathore, S. S., 2011, Effect of pretreatment and drying methods on quality of value-added dried Aonla (*Embllica officinalis* Gaertn) shreds, *J. Food Sci. Technol.* 48: 45-52.
- [15] Chaethong, K. and Pongsawatmanit, R.,

- 2015, Influence of sodium metabisulfite and citric acid in soaking process after blanching on quality and storage stability of dried chili, *J. Food Proc. Preserv.* 39: 2161-2170.
- [16] Doymaz, I., 2004, Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots, *Biosyst. Eng.* 89: 281-287.
- [17] Doymaz, I., 2006, Drying kinetics of black grapes treated with different solutions, *J. Food Eng.* 76: 212-217.
- [18] Jokić, S., Mujić, I., Martinov, M., Velić, D., Bilić, M. and Lukinac, J., 2009, Influence of drying procedure on colour and rehydration characteristic of wild asparagus, *Czech J. Food Sci.* 27: 171-177.
- [19] AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- [20] AOAC, 1994, Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- [21] Klanpoi, S., Kimavaha, J. and Yuenyongputtaka, W., 2012, Effect of blanching pretreatment and osmotic agent on osmotic dehydration of Makapuna, *J. KMUTNB.* 22(1): 67-76. (in Thai)
- [22] Pangavhane, D., Sawhney, R. and Sarsavadia, P., 1999, Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of Thompson seedless grapes. *J. Food Eng.* 39: 211-216.
- [23] Shi, J., Pan, Z., Mchugh, T.H., Wood, D., Zhu, Y.Y., Avena- Bustillos, R.J. and Hirschberg, E., 2008, Effect of berry size and sodium hydroxide pretreatment on the drying characteristics of blueberries under infrared radiation heating, *J. Food Sci.* 73: 259-265.
- [24] Khayyat, M., Amini, H., Moodi, S., Moradinezhad, F. and Mahmoodi, S., 2018, Effects of potassium metabisulfite pre- treatment and different drying temperatures on some chemical properties and color retention of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) fruit, *J. Hort. Postharv. Res.* 1: 49-62.
- [25] Ferreira, T. H. B. and Freitas, M. L. F., 2019, Production, physical, chemical and sensory evaluation of dried banana (*Musa Cavendish*), *Emir. J. Food Agric.* 31: 102-108.
- [26] Mohamed, G. F., Nahed, M. A., Wafaa, A. I., Helmy, I. M. F. and Nadir, A. S., 2017, Effect of different drying methods and pre-treatments on quality characteristics of mango slices, *Mid. East J. Appl. Sci.* 7: 519-531.
- [27] Phomkong, W., Thammarutwasik, P. and Soponronnarit, S. 2009. Effect of drying air temperature and chemical pretreatments on quality of dried chilli, *Int. Food Res. J.* 16: 441-454.