

<http://journal.rmutp.ac.th/>

ผลของระดับความเร็วอากาศร้อนต่อการอบแห้งมะเขือเทศแช่แข็งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน

ณัฐดนัย กาญจนาต อภิชาติ เครือแก้ว พิสุทธิ แซ่ซัง และ ภูมิใจ สอาดโณม*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
41 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

รับบทความ 13 สิงหาคม 2560; ตอรับบทความ 10 ตุลาคม 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความเร็วอากาศร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็งระหว่างการอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน หาความสัมพันธ์ของพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง หาสมบัติทางกายภาพด้านสีและการหดตัวของมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งและประเมินคุณภาพของมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งด้านประสาทสัมผัส โดยอบแห้งมะเขือเทศแช่แข็งด้วยระบบสายพานร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิอากาศ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที จนความชื้นสุดท้ายของมะเขือเทศแช่แข็งต่ำกว่าร้อยละ 18 ของมาตรฐานเปียก จากผลการทดลองพบว่าระดับความเร็วอากาศร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็ง และพบว่าความสัมพันธ์ของพลังงานจำเพาะที่ใช้การอบแห้ง ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ร้อยละของการหดตัว และผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาทีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่า มะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏน้อยกว่ามะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้และมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: การอบแห้ง; มะเขือเทศแช่แข็ง; ระบบสายพานลำเลียง; อากาศร้อน

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 1727 5771, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: poomjai.s@gmail.com

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Effect of Hot Air Velocity on Preserved Tomatoes Drying Using Combined Conveyor System and Hot Air

Natdanai Kansaard Apichart Khruakaew Pisut Saesong and Poomjai Sa-adchom*

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
41 Paholayothin Road, Mai Ngam, Muang, Tak, 63000

Received 13 August 2017; Accepted 10 October 2017

Abstract

The objectives of this research were to study the effect of hot air velocity on the changes of the moisture content and temperature of preserved tomatoes undergoing combined conveyor system and hot air drying. Specific energy consumption, physical properties in term of color and shrinkage, and sensory evaluation of dried preserved tomatoes were also investigated. The preserved cherry tomatoes were dried at a drying temperature of 80°C, and hot air velocity of 2 and 4 m/s until the moisture contents of the preserved tomatoes were lower than 18% wet basis. The experimental results showed that the hot air velocity had effect on the changes of the moisture content and temperature of preserved tomatoes. Specific energy consumption, total color difference, shrinkage percentage, and sensory evaluation results of dried preserved tomatoes of the hot air velocity of 2 and 4 m/s were not significantly different ($P>0.05$). Moreover, the dried preserved tomatoes obtained from this research had significantly lower sensory scores in term of color and appearance than those obtained from the local market ($P\leq 0.05$). However, sensory scores in term of flavor, texture and overall preference of the dried preserved tomatoes obtained from this research and the local market were not significantly different ($P>0.05$).

Keywords: Conveyor System; Drying; Hot Air; Preserved Tomatoes

1. บทนำ

มะเขือเทศเชอร์รี่ หรือมะเขือเทศราชินี มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum Lycopersicum L. Var. Cerasiforme* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลางและอเมริกาเหนือ เป็นพืชประเภทล้มลุกตระกูลเดียวกับมะเขือ ลำต้นมีลักษณะเป็นพุ่มตั้งตรงและมีขนอ่อนปกคลุมทั่วลำต้น ผลมีลักษณะ สี ขนาด และรูปร่างต่าง ๆ (โดยทั่ว ๆ ไปผลมีลักษณะกลม หรือกลมรี เมื่อผลสุกจะมีสีแดง สีส้ม หรือสีเหลือง) เนื้อภายในผลสุกมีรสอมเปรี้ยว และมีเมล็ดอยู่ภายในผลจำนวนมาก มะเขือเทศเชอร์รี่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินอี ธาตุโพแทสเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม และธาตุฟอสฟอรัส นอกจากนี้ ยังมีสารจำพวกไลโคปีน อัลฟาโทโคฟีรอล เบตาแคโรทีน กรดอะมิโน แคโรทีนอยด์ และโฟเลตซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย มะเขือเทศเชอร์รี่ยังมีสรรพคุณทางยา เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ลดอาการความดันเลือดสูง บำรุงสายตา บำรุงผิวพรรณ และลดอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น [1] อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งมะเขือเทศเชอร์รี่มีผลผลิตมากเกินความต้องการของท้องตลาด ส่งผลให้มะเขือเทศเชอร์รี่เกิดการเน่าเสีย ดังนั้น การแปรรูปมะเขือเทศเชอร์รี่สดให้เป็นมะเขือเทศเชอร์รี่อบแห้ง จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

การอบแห้งเป็นเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวอย่างหนึ่งซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมีมูลค่าสูงขึ้น การอบแห้งแบบดั้งเดิมจะตากแห้งตามธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลงต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงไม่สะอาดและเสียคุณค่าทางโภชนาการ และยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับฤดูกาล ได้แก่ ปัญหาเนื่องจากฝนตก และความไม่สม่ำเสมอของแสงแดด รวมถึงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่ที่ใช้ตากแห้งอีกด้วย ดังนั้น ในปัจจุบันจึงนิยมอบแห้งผลิตภัณฑ์

ด้วยอากาศร้อนจากเครื่องทำความร้อน โดยอากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์จึงเกิดการระเหยออกไป ทั้งนี้การอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อนกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก และอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยวางวัสดุให้กระจายบนสายพานลำเลียงซึ่งมีลักษณะเป็นตะแกรงโปร่ง (Mesh Belt) แล้วให้อากาศร้อนเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ บริเวณที่อบแห้งมีลักษณะเป็นอุโมงค์อบแห้ง ความเร็วของสายพานลำเลียงสามารถปรับได้และขึ้นอยู่กับระยะเวลาการอบแห้ง [2]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน เช่น ใบหอม [3] ลำไย เงาะ ลิ้นจี่ [4] และผลหมาก [5] เป็นต้น เมื่อไม่นานมานี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งมะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน ได้แก่ งานวิจัยของ Natdanai Kansaard et al. [6] ได้ศึกษาการอบแห้งมะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมด้วยระบบสายพานร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จนความชื้นสุดท้ายของมะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมต่ำกว่าร้อยละ 18 ของมาตรฐานเปียก ผลการทดลอง พบว่า มะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งนานที่สุด ส่วนมะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุด การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง และยังพบว่า มะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) มากกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า ยังไม่มีการศึกษาถึงผลของระดับความเร็วอากาศร้อนต่อการอบแห้งมะเขือเทศเชอร์รี่เชื่อมด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความเร็วอากาศร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมะเขือเทศเชื่อมระหว่างการอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน หาความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง ทาสสมบัติทางกายภาพด้านสีและการหดตัวของมะเขือเทศเชื่อมอบแห้ง และประเมินคุณภาพของมะเขือเทศเชื่อมอบแห้งด้านประสาทสัมผัส โดยอบแห้งมะเขือเทศเขอรี่เชื่อมด้วยระบบสายพานร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที จนความชื้นสุดท้ายของมะเขือเทศเชื่อมต่ำกว่าร้อยละ 18 ของมาตรฐานเปียก ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ นี้มีประโยชน์ต่อการใช้งานเครื่องอบแห้งมะเขือเทศเขอรี่เชื่อมด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ตำบลไม้งาม อำเภอมืองจังหวัดตาก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุุดิบ

2.1.1 มะเขือเทศเขอรี่

2.1.2 น้ำตาลทราย

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 เครื่องอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อนยี่ห้อ Middleby Marshall รุ่น PS520E

2.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Huajie รุ่น DJ-1002C

2.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-947SD

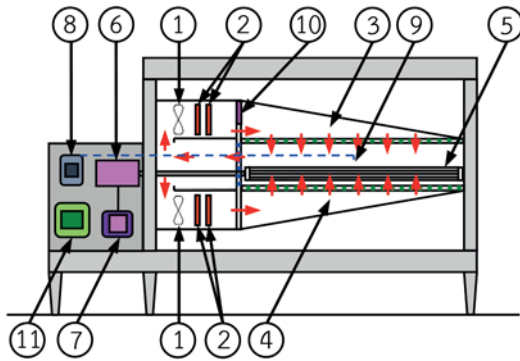
2.2.4 เครื่องวัดความเร็วลมยี่ห้อ Testo รุ่น 405-V1

2.3 เครื่องอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน

ส่วนประกอบและลักษณะของเครื่องอบแห้งด้วยระบบสายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อนแสดง

ดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากพัดลมยี่ห้อ EBM ซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้า 24 วัตต์ จำนวน 2 ตัว (หมายเลข 1) เป่าอากาศไหลผ่านตัวทำความร้อนซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้ารวม 8.3 กิโลวัตต์ (หมายเลข 2) จนกลายเป็นอากาศร้อน อากาศร้อนดังกล่าวจะถูกส่งเข้าช่องปล่อยอากาศร้อนด้านบนและด้านล่าง (หมายเลข 3 และ 4) จากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านรูของช่องปล่อยอากาศร้อนด้านบนและด้านล่าง (ช่องปล่อยอากาศร้อนด้านบนและด้านล่างมีจำนวนรูอย่างละ 156 รู (แต่ละรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1 เซนติเมตร)) แล้วไหลพุ่งตรงไปยังสายพานลำเลียง (หมายเลข 5) (สายพานลำเลียงต่อเข้ากับเพลลาที่ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ (หมายเลข 6) ซึ่งถูกควบคุมความเร็วด้วยเครื่องปรับความเร็วมอเตอร์ (หมายเลข 7) ความเร็วของสายพานลำเลียงถูกควบคุมที่ 0.11 เมตรต่อวินาที) ผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนสายพานลำเลียงจึงได้รับความร้อนจากอากาศร้อนทำให้ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยออกไป จากนั้นอากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลับที่ผนังด้านข้างของเครื่องอบแห้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ อากาศร้อนส่วนที่เหลือจะถูกระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้อากาศร้อนถูกควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี (หมายเลข 8) โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 9) เป็นตัววัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์ 3 เซนติเมตร นอกจากนี้ ความเร็วของอากาศร้อน ณ ตำแหน่งเหนือผลิตภัณฑ์ 3 เซนติเมตร ถูกควบคุมไว้ที่ 2 และ 4 เมตรต่อวินาที โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียม (หมายเลข 10) กั้นขวางช่องปล่อยอากาศร้อนด้านบนภายในเครื่องอบแห้งเพื่อให้ได้ระดับความเร็วของอากาศร้อนที่ต้องการ ทั้งนี้ความเร็วของอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วมากที่สุดที่สามารถปล่อยออกจากเครื่องอบแห้ง ส่วนความเร็วของอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วมากที่สุดที่สามารถปล่อยออกจากเครื่องอบ

แห้ง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งถูกวัดด้วย มิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Fineco (หมายเลข 11)



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งด้วยระบบ สายพานลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน โดยที่ (1) พัดลม (2) ตัวทำความร้อน (3) ช่องปล่อย อากาศร้อนด้านบน (4) ช่องปล่อยอากาศร้อน ด้านล่าง (5) สายพานลำเลียง (6) มอเตอร์ ขับสายพานลำเลียง (7) เครื่องปรับความเร็ว มอเตอร์ (8) เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี (9) เทอร์โมคัปเปิล (10) แผ่นปรับความเร็ว ของอากาศร้อน และ (11) มิเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 2 ลักษณะของเครื่องอบแห้งด้วยระบบสายพาน ลำเลียงร่วมกับอากาศร้อน

2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 การเตรียมน้ำเชื่อม

นำน้ำตาลทราย 1 กิโลกรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปต้มจนน้ำตาลทรายละลายหมด จากนั้นจึง ยกออกจากเตาไฟและทิ้งไว้ให้เย็น จะได้น้ำเชื่อมสำหรับ ทำมะเขือเทศแช่แข็ง

2.4.2 การเตรียมมะเขือเทศเซอร์รี่แช่แข็ง

(1) ซื้อมะเขือเทศเซอร์รี่จากห้างสรรพสินค้าใน อำเภอเมือง จังหวัดตาก

(2) คัดเลือกมะเขือเทศเซอร์รี่แต่ละลูกที่มีความสูงประมาณ 2.51 ± 0.14 เซนติเมตร มีเส้นผ่าน ศูนย์กลางประมาณ 1.53 ± 0.17 เซนติเมตร และมีมวล ประมาณ 4.51 ± 0.35 กรัม แล้วนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า ให้สะอาด

(3) นำมะเขือเทศเซอร์รี่มาตัดแต่งและกรีดผล จากนั้นนำไปแช่ในน้ำปูนใสที่ตกตะกอนแล้วเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อทำให้มะเขือเทศเซอร์รี่มีความกรอบและ รูปทรงดี

(4) นำมะเขือเทศเซอร์รี่มาล้างด้วยน้ำเปล่าให้ สะอาด

(5) นำมะเขือเทศเซอร์รี่มาแช่ในน้ำเชื่อมนาน 3 วัน และต้องแยกมะเขือเทศเซอร์รี่ออกจากน้ำเชื่อมทุกวัน แล้วนำน้ำเชื่อมที่แยกไปอุ่นเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเชื่อม เกิดการตกตะกอนและเกาะตัวเป็นก้อน

(6) นำมะเขือเทศเซอร์รี่มาล้างน้ำเชื่อมออกในน้ำ สะอาด (น้ำที่ต้มแล้ว) และพักไว้ให้สะเด็ดน้ำเพื่อเตรียมนำไปอบแห้ง

2.4.3 วิธีการอบแห้ง

อบแห้งมะเขือเทศแช่แข็งด้วยระบบสายพาน ลำเลียงร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที จนความชื้นสุดท้ายของมะเขือเทศแช่แข็งต่ำกว่า ร้อยละ 18 ของมาตรฐานเปียก ทั้งนี้ตำแหน่งที่ควบคุมอุณหภูมิ

อบแห้งและความเร็วของอากาศร้อนอยู่กึ่งกลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์ 3 เซนติเมตร โดยอบแห้งมะเขือเทศแช่อิ่มครั้งละ 12 ผล (มะเขือเทศแช่อิ่มวางอยู่ในถาดขนาด 20x15 เซนติเมตร ซึ่งวางบนสายพานลำเลียง) และทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง

2.4.4 การหาความชื้นของมะเขือเทศแช่อิ่ม

การหามวลแห้งของมะเขือเทศแช่อิ่มทำได้โดยนำมะเขือเทศแช่อิ่มไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนมวลคงที่ [7] โดยชั่งมวลก่อนและหลังการอบแห้ง แล้วนำค่ามวลที่ได้ไปคำนวณหาความชื้นของมะเขือเทศแช่อิ่มที่เวลาใด ๆ ได้ดังสมการที่ 1

$$M = \left(\frac{W - D}{W} \right) \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่

M = ความชื้นของมะเขือเทศแช่อิ่มที่เวลาใด ๆ (ร้อยละของมาตรฐานเปียก)

W = มวลของมะเขือเทศแช่อิ่มที่เวลาใด ๆ (กรัม)

D = มวลแห้งของมะเขือเทศแช่อิ่ม (กรัม)

ในแต่ละการทดลองจะชั่งมวลของมะเขือเทศแช่อิ่มจำนวน 12 ผล ทุก ๆ 5 นาที และทำซ้ำรวม 3 ครั้ง แล้วจึงคำนวณหาความชื้นเฉลี่ย ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้คำนวณความชื้นของมะเขือเทศแช่อิ่มเป็นความชื้นฐานเปียก (Wet Basis) เนื่องจากเป็นค่าความชื้นที่ใช้ในทางการค้า และเป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไป [8]

2.4.5 การหาอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่อิ่ม

การหาอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่อิ่มทำได้โดยนำสายเทอร์โมคัปเปิลเสียบเข้าไปในเนื้อมะเขือเทศแช่อิ่มที่ระดับความลึกจากผิวมะเขือเทศแช่อิ่ม 0.75 เซนติเมตร (ก่อนเสียบสายเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปในเนื้อมะเขือเทศแช่อิ่มต้องวัดระยะสายเทอร์โมคัปเปิลโดยใช้เวอร์เนียรียี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 530 มีความละเอียด

0.05 มิลลิเมตร) สายเทอร์โมคัปเปิลจะต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-947SD เพื่อบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที ทั้งนี้ในแต่ละการทดลองจะวัดอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่อิ่มจำนวน 3 ลูก แล้วหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย

2.5 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง โดยหาจากสมการที่ 2 [9]

$$SEC = \frac{E_{elec}}{M_w} \quad (2)$$

โดยที่

SEC = ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)

E_{elec} = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

M_w = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง (กิโลกรัม)

ทั้งนี้ในแต่ละการทดลองจะหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2.6 การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

2.6.1 การทดสอบคุณภาพด้านสี

โดยใช้เครื่องวัดสีอาหารยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-231 วัดค่าสีมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งตามระบบฮันเตอร์ (Hunter System) ซึ่งแสดงในเทอมของตัวแปร L a และ b โดยค่า L แสดงค่าความสว่าง a แสดงค่าสีแดง และสีเขียว b แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมหาได้จากสมการที่ 3 [10]

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_t)^2 + (a_0 - a_t)^2 + (b_0 - b_t)^2} \quad (3)$$

โดยที่

ΔE = ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม

L_0 = ค่าความสว่างของมะเขือเทศแช่ส้มก่อนอบแห้ง

L_t = ค่าความสว่างของมะเขือเทศแช่ส้มหลังอบแห้ง

a_0 = ค่าสีแดงและสีเขียวของมะเขือเทศแช่ส้มก่อนอบแห้ง

a_t = ค่าสีแดงและสีเขียวของมะเขือเทศแช่ส้มหลังอบแห้ง

b_0 = ค่าสีเหลืองและน้ำเงินของมะเขือเทศแช่ส้มก่อนอบแห้ง

b_t = ค่าสีเหลืองและน้ำเงินของมะเขือเทศแช่ส้มหลังอบแห้ง

ทั้งนี้ในแต่ละการทดลองจะหาคุณภาพด้านสีของมะเขือเทศแช่ส้มอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2.6.2 การทดสอบคุณภาพด้านการหัตถ์

โดยใช้วิธีการแทนที่ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ในของเหลว โดยของเหลวที่ใช้ทดสอบ คือ โทลูอีน (Toluene, $C_6H_5CH_3$) โดยร้อยละของการหัตถ์หาจากสมการที่ 4 [11]

$$M = (1 - \frac{V_d}{V_i}) \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่

S = การหัตถ์ของมะเขือเทศแช่ส้มหลังการอบแห้ง (ร้อยละ)

V_d = ปริมาตรของมะเขือเทศแช่ส้มหลังการอบแห้ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_i = ปริมาตรของมะเขือเทศแช่ส้มก่อนการอบแห้ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ทั้งนี้การทดสอบจะใช้มะเขือเทศแช่ส้มจำนวน 5 ลูกต่อหนึ่งตัวอย่างทดสอบ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2.7 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งด้านประสาทสัมผัส

มะเขือเทศเชอร์รี่แช่ส้มอบแห้งด้วยระบบสายพานร่วมกับอากาศร้อนถูกเปรียบเทียบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสกับมะเขือเทศเชอร์รี่แช่ส้มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้ผู้ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสเป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 100 คน แบบสอบถามที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ ได้แก่ คุณลักษณะด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความเหนียว นุ่ม) และความชอบโดยรวม

2.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม และร้อยละของการหัตถ์ของมะเขือเทศแช่ส้มอบแห้งจะวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่าง (การอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที) โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

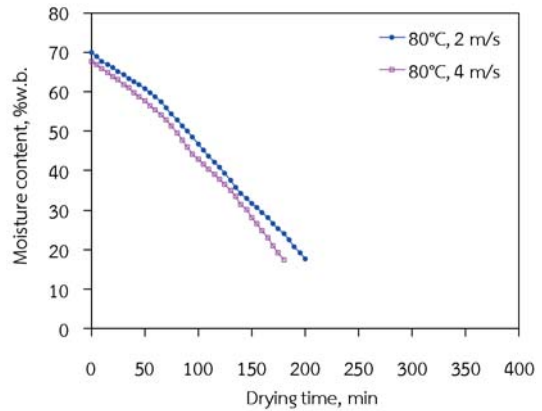
ผลการทดสอบคุณภาพของมะเขือเทศแช่ส้มอบแห้งด้านการสี (ค่า L, a และ b) และผลการประเมินคุณภาพมะเขือเทศแช่ส้มอบแห้งด้านประสาทสัมผัสจะวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

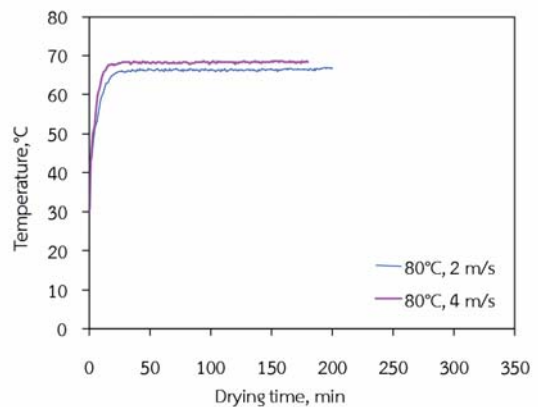
3.1 ผลของระดับความเร็วอากาศร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็ง

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมะเขือเทศแช่แข็งระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที แสดงดังรูปที่ 3 พบว่า มะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่ามะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วอากาศร้อนที่สูงทำให้อากาศร้อนสามารถสัมผัสกับผิวของผลิตภัณฑ์ได้ดี ไอน้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์จึงแพร่ไปสู่กระแสอากาศร้อนได้เร็ว ส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์สูงขึ้น [12] ทั้งนี้การอบแห้งมะเขือเทศแช่แข็งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาอบแห้ง 200 และ 180 นาที ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็งระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที แสดงดังรูปที่ 4 พบว่า การอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที ทำให้อุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็งเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที เนื่องจากมะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่ามะเขือเทศแช่แข็งอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมะเขือเทศแช่แข็งระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่แข็งระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า มะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากกว่ามะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งที่ระดับความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที มีค่าสูงกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งที่ระดับความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Wannapakhe et al. [13] ได้พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้นเมื่อระดับความเร็วของอากาศร้อนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้วพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที มีค่าใกล้เคียงกัน

3.3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้ง

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้ง พบว่า มะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที มีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่ามะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ เนื่องจากมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาอบแห้งนานกว่า ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) มากกว่ามะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที [14] อย่างไรก็ตาม ค่าสีแดง (ค่า a) ของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ $P > 0.05$ นอกจากนี้ ยังพบว่า มะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่ามะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ในขณะที่ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ค่า ΔE) เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่เทียบกับมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งก่อนอบแห้ง (มะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งก่อนอบแห้งมีค่า $L = 17.57 \pm 0.31$, $a = 17.83 \pm 0.40$ และ $b = 30.27 \pm 0.46$) ซึ่งจากตารางที่ 2 พบว่า เมื่ออบแห้งมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อนที่ 2 และ 4 เมตร ค่า ΔE ของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งเท่ากับ 12.82 ± 1.17 และ 15.38 ± 1.52 เนื่องจากมีความร้อนเป็นตัวเร่งการเกิดของปฏิกิริยาเมลลาร์ดของผลิตภัณฑ์ [15] และยังคงพบว่า ค่า ΔE ของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการอบแห้งมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาอบแห้งใกล้เคียงกัน

3.4 ผลการทดสอบคุณภาพด้านการหัดตัวของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้ง

ผลการทดสอบคุณภาพด้านการหัดตัวของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ร้อยละของการหัดตัวของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที ได้รับความร้อนในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที ส่งผลให้โครงสร้างของมะเขือเทศเซอร์ร็อบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที เกิดการหัดตัวที่ใกล้เคียงกัน

3.5 การประเมินคุณภาพของมะเขือเทศแช่อิ่ม อบแห้งด้านประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งด้านประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4 พบว่า คะแนนด้านประสาทสัมผัส (สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งด้วยระบบสายพานร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

จากตารางที่ 4 พบว่า มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏน้อยกว่ามะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ เนื่องจาก

มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีสีแดงน้อยกว่า แต่มีสีเหลืองมากกว่ามะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณภาพด้านสี (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้และมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

นอกจากนี้ ยังพบว่า มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้และมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดมีคะแนนประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ อยู่ระหว่างช่วงความชอบปานกลางถึงช่วงความชอบมาก

ตารางที่ 1 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความเร็ว อากาศร้อน (เมตรต่อวินาที)	เวลา (นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)			ปริมาณน้ำที่ระเหย (กรัม)			ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)			ค่าเฉลี่ย	T-test	Sig.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
2	200	2.9	2.8	2.8	35.6	32.5	34.3	81.46	86.15	81.63	83.08±2.66	-1.066	0.347
4	180	2.9	3.0	3.0	32.8	35.4	36.1	88.41	84.75	83.10	85.42±2.72		

* แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้ง

ความเร็วของอากาศร้อน (เมตรต่อวินาที)	เวลาอบแห้ง (นาที)	สี			ค่า ΔE		
		ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าเฉลี่ย	T-test	Sig.
2	200	23.44±0.47 ^b	15.06±0.52 ^b	41.18±0.85 ^b	12.82±1.17	-3.699	0.006
4	180	25.12±0.56 ^a	14.55±0.63 ^b	43.39±0.74 ^a	15.38±1.52		
มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้ง ที่จำหน่ายในท้องตลาด	-	22.15±0.51 ^c	20.87±0.59 ^a	38.21±0.52 ^c	-	-	-

หมายเหตุ 1. ค่า L, a และ b อักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ค่า ΔE * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านการหดตัวของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้ง

ความเร็วของอากาศร้อน (เมตรต่อวินาที)	เวลาอบแห้ง (นาทิต)	การหดตัว (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	T-test	Sig.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
2	200	50.35	43.54	47.93	42.21	48.84	46.57±3.52	3.524	0.008
4	180	43.05	34.83	39.73	33.71	40.13	38.29±3.91		

หมายเหตุ การหดตัว * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะ					ความชอบ โดยรวม
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	รสชาติ	
มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ความเร็ว ของอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที	7.57±0.74 ^b	7.51±0.89 ^b	7.42±0.88 ^a	7.54±0.98 ^a	7.50±0.82 ^a	
มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ความเร็ว ของอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที	7.45±0.89 ^b	7.43±0.93 ^b	7.53±0.82 ^a	7.66±1.14 ^a	7.52±0.69 ^a	
มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้ง ที่จำหน่ายในท้องตลาด	7.86±0.91 ^a	7.81±0.95 ^a	7.56±1.05 ^a	7.61±1.06 ^a	7.68±0.75 ^a	

หมายเหตุ 1. ระดับคะแนนของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส: 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉย ๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด
2. อักขระต่างกันโดยนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. สรุป

ระดับความเร็วอากาศร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมะเขือเทศแช่อิ่ม โดยการอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 4 เมตรต่อวินาที ทำให้มะเขือเทศแช่อิ่มสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าและมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 เมตรต่อวินาที และพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้การอบแห้ง ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ร้อยละของการหดตัว และผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ความเร็วอากาศร้อน 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

นอกจากนี้ ยังพบว่า มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏน้อยกว่ามะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้และมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้งานวิจัยต่อไปควรศึกษาผลของความเร็วสายพานและอุณหภูมิอบแห้งอื่น ๆ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการอบแห้งและคุณภาพของมะเขือเทศแช่อิ่ม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ตำบลไม้งาม อำเภอมือง จังหวัดตาก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Folk Doctor Foundation. (2017, August 10). Cherry tomatoes [Online]. Available: <https://www.doctor.or.th/article/detail/5888>
- [2] P. Pornchaloempong and N. Rattanapanone. (2017, August 10). Belt drier [Online]. Available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2782/belt-drier>
- [3] T. Thumkunkeaw and W. Phaphuangwittayakul, "Performance evaluation of drying using infrared radiation for agricultural products," in *Proceeding of 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering*, Thai Society of Agricultural Engineering, Chiang Mai, Thailand, 2012, pp. 611-617.
- [4] S. Cheuyglintase, T. Namhong and K. Cheuyglintase, "Effect of pretreatment of the dried longan, rambutan and lychee pulps by microwave and infrared followed by hot air drying on the sugars and antioxidant power," *RMUTSB Academic Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 115-127, Jul. 2013.
- [5] P. Daungvilailux and W. Kalasri. (2017, August 10). Development microwave machine by using a continuous belt with fumigator of betel nuts [Online]. Available: http://www.me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT23/topic/file/ETM005346.pdf
- [6] N. Kansaard, A. Khruakaew, P. Saesong and P. Sa-adchom, "Effect of air temperature on cherry tomato drying using combined conveyor system and hot air," in *Proceeding of 4th Phetchabun Rajabhat University National Academic Conference*, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, Thailand, 2017, pp. 903-911.
- [7] AOAC, *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Virginia: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [8] P. Pornchaloempong and N. Rattanapanone. (2017, September 15). Moisture content [Online]. Available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content>
- [9] P. Kongpoopha, U. Tapai and P. Sa-adchom, "Effect of drying temperatures on charcoal briquettes drying using a combined solar energy and far-infrared radiation dryer, and a far-infrared radiation dryer," *RMUTP Research Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 77-93, Mar. 2016.
- [10] A. Sirijariyawat, C. Polviluy and K. Yalai, "Effect of drying methods on physical property of spring onion," *Khon Kaen Agriculture Journal*, vol. 45. no. 1, pp. 1155-1161, Jan. 2017.

- [11] W. Pengpongsa, "Flavored pork drying using superheated steam combined with heat pump," M.S. thesis, Dept. Energy Tech., King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2006.
- [12] P. Toomthong, U. Teeboonma, P. Somsila and T. Homchampa, "Effects of air velocity on drying kinetic of beef using hot air combined with infrared radiation," *Agricultural Science Journal*, vol. 43, no. 3, pp. 236-239, Sep. 2012.
- [13] S. Wannapakhe, T. Chaiwong, M. Dandee and S. Prompakdee, "Hot air dryer with closed - loop oscillating heat pipe with check valves for reducing energy in drying process," *Procedia Engineering*, vol. 32, pp. 77-82, 2012.
- [14] P. Sa-adchom and T. Swasdisevi, "Pork slices drying using a combined vacuum and far-infrared radiation technique," *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 83-97, Jan. 2014.
- [15] P. Pornchaloempong and N. Rattanapanone. (2017, September 15). Maillard reaction [Online]. Available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction>

