บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ส่วนประกอบทางกายภาพ และเคมีของลำไยสดพันธ์ดอ

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางกายภาพ และเคมีของเนื้อลำไยสดพันธุ์ดอได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 ส่วนประกอบทางกายภาพ และเคมีของเนื้อลำไยสดพันธุ์ดอที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ		
	เนื้อลำไยสดพันธุ์ดอ	Rangkadilok *et al*.(2006)	รัตนา และอัจฉรา (2542)
ทางกายภาพ			
ความเหนียว (Hardness: N)	0.633±0.038*	-	6.91
ค่า L (Ligthness)	48.54±0.52*	-	41.5
ค่า a* (redness/greenness)	1.50±0.04*	-	2.6
ค่า b* (yellowness/blueness)	5.83±0.16*	-	4.2
ทางเคมี			
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	416.8±0.5*	-	429.1
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	4.91±0.03*	-	5.26
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	12.66±0.21*	-	-
Water activity (a_w)	0.870±0.010*	-	-
ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	39.49±0.43*	290	-
ปริมาณกรดเอลลาจิค (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	257.45±5.72*	200	-

หมายเหตุ: *ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

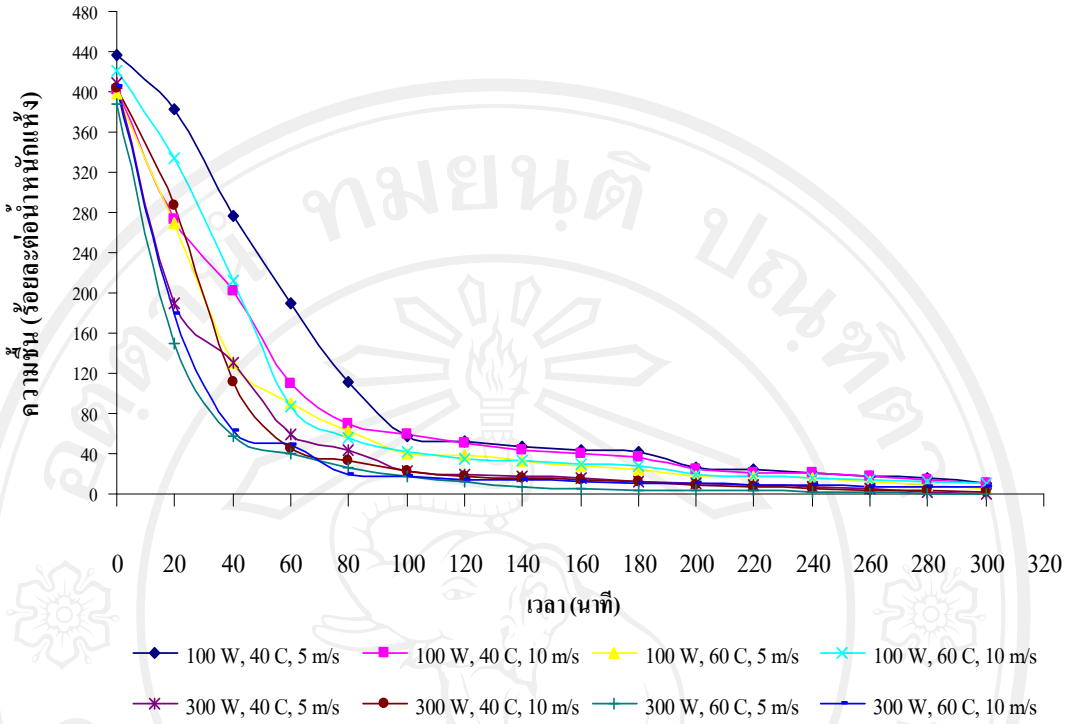
จากตาราง 4.1 สมบัติทางกายภาพเนื้อลำไยสดมีความเหนียว 0.633 นิวตัน และสีของเนื้อลำไยสดมีค่า L เท่ากับ 48.54 ค่า a* เท่ากับ 1.50 ค่า b* เท่ากับ 5.83 ซึ่งเนื้อลำไยมีสีขาวออกเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ รัตนา และอัจฉรา (2543) ที่มีค่าความเหนียว เท่ากับ 6.91 นิวตัน L เท่ากับ 41.5 ค่า a* เท่ากับ 2.6 ค่า b* เท่ากับ 4.2 พบว่ามีค่าต่างกันเล็กน้อยทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากแหล่งที่ปลูกต่างกัน สมบัติทางเคมี พบว่า เนื้อลำไยสดพันธุ์ดอมีปริมาณความชื้น 416.8 (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ รัตนา และอัจฉรา (2543) พบว่ามีความชื้น 429.1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน น้ำตาลรีดิวซ์มีปริมาณร้อยละ 4.91 โดยน้ำหนักเปียกซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ และพบกรดแกลลิค และกรดเอลลาจิค 39 และ 257 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้มีประโยชน์คล้ายกันดังนี้ คือ มีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการเกิดเนื้องอก ต้านการเกิดมะเร็ง ลดการอักเสบของบาดแผล เป็นสารต้านเชื้อไวรัส และเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาแอนตี้ออกซิแดนซ์ในเซลล์ร่างกาย (Soong and Barlow, 2006) เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาของ Rangkadilok *et al*. (2006) ที่พบว่ามีปริมาณแตกต่างกัน คือมีปริมาณกรดแกลลิค และกรดเอลลาจิค 290 และ 200 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีแหล่งที่ปลูกต่างกัน

4.2 การอบแห้งเนื้อลำไยพันธุ์ดอด้วยเครื่องไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

4.2.1 การอบแห้งเนื้อลำไยพันธุ์ดอด้วยเครื่องไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

การหาเวลาการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อให้เนื้อลำไยหลังอบแห้งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 ตามมาตรฐานเกรดสินค้าของคุณลักษณะทางเคมีลำไยอบแห้งสีทอง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) โดยการหาความชื้นของเนื้อลำไยทุกๆ 20 นาที เป็นเวลา 300 นาที ได้ผล ดังตารางภาคผนวก ค-1 เมื่อนำความชื้นในแต่ละช่วงเวลาของการอบ กับเวลาในการอบแห้งของหน่วยทดลองทั้ง 8 หน่วย มาเขียนกราฟการทำแห้ง จะได้กราฟรูป 4.1 ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่เหลือ (ร้อยละ) กับเวลาอบแห้งเนื้อลำไย (นาที) ของ 8 หน่วยทดลองของเนื้อลำไยอบแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

จากรูป 4.1 พบว่าลักษณะกราฟการทำแห้งของทุกสภาวะการอบแห้งมีลักษณะคล้ายกันคือ ในช่วงแรกเส้นกราฟจะมีลักษณะเอียงลาดลงโดยมีความชันมาก ส่วนช่วงที่สองเส้นกราฟมีลักษณะเอียงลาดลงเหมือนกันแต่มีความชันน้อยกว่าในช่วงแรกอย่างเห็นได้ชัด ในระหว่างการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ลมร้อนที่พัดผ่านผิวหน้าเนื้อลำไยที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของเนื้อลำไย ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศจะถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอน้ำที่ผิวหน้าของเนื้อลำไยต่ำกว่าความดันไอด้านในของเนื้อลำไยเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้น เนื้อลำไยชั้นด้านในซึ่งได้รับความร้อนจากไมโครเวฟและจากลมร้อนจะมีความดันไอสูง และค่อยๆลดต่ำลงเมื่อชั้นเนื้อลำไยเข้าใกล้อากาศ แห้งความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันไอน้ำออกจากเนื้อลำไย น้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในของเนื้อลำไยออกมาด้วยความเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้า ผิวหน้าจึงเปียกอยู่ เรียกช่วงนี้ว่าเป็นช่วงอัตราเร็วคงที่ (constant rate period) ซึ่งเป็นช่วงที่ความชื้นของเนื้อลำไยลดต่ำลดอย่างรวดเร็ว ลักษณะเส้นกราฟการอบแห้งในช่วงนี้จะมีลักษณะเอียงลาดลงโดยมีความชันมาก (วิไล, 2543) ในช่วงที่สองอัตราการทำแห้งโดยรวมจะค่อยๆลดลง เส้นกราฟการอบแห้งเนื้อลำไยจากการทดลอง

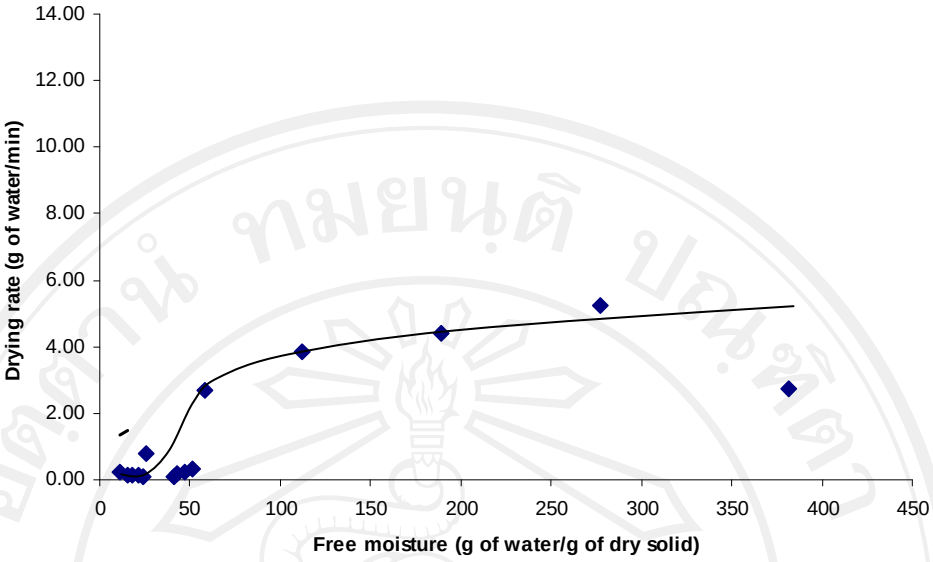
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะมีความชันลดลง เนื่องจากเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งเนื้อลำไยมากขึ้นเนื้อลำไยจะหดตัวทำให้ช่องว่างระหว่างเซลของเนื้อลำไยแคบลงทำให้ไอน้ำจากเนื้อลำไยจะแพร่ผ่านออกมาจากเนื้อลำไยได้ยากกว่าช่วงแรก ประกอบกับน้ำอิสระในเนื้อลำไยมีน้อยลง ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเนื้อลำไยมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบผิวหน้า จึงทำให้การระเหยของไอน้ำต่ำลงส่งผลให้ความชันของเส้นกราฟการทำแห้งลดลงจากช่วงแรก เรียกว่าเป็นช่วงอัตราลดลง (falling-rate period) (วิไล, 2543)

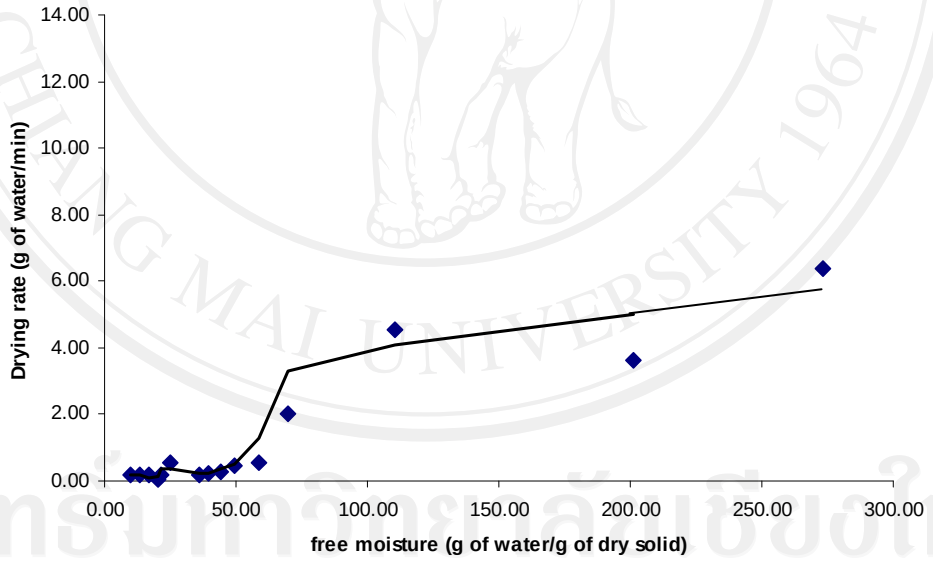
สภาวะ ซึ่งใช้ระดับกำลังงานของไมโครเวฟ คือ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส และความเร็วของลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที มีเส้นกราฟการอบแห้งระหว่างความชื้นกับเวลาชันมากที่สุด แสดงว่ามีอัตราการอบแห้งมากที่สุด และเมื่อมีอัตราการทำแห้งสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งให้ได้ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 18 น้อยที่สุด เช่นกัน สภาวะที่ใช้ระดับกำลังงานของไมโครเวฟ คือ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส และความเร็วของลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที มีเส้นกราฟการอบแห้งระหว่างความชื้นกับเวลาชันน้อยที่สุด แสดงว่า สถาวะนี้มีอัตราการอบแห้งที่ต่ำที่สุด ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งให้ได้ต่ำกว่าร้อยละ18 ช้าที่สุด และเมื่อใช้กำลังงานของเครื่องไมโครเวฟเพิ่มขึ้นจาก 100 วัตต์ เป็น 300 วัตต์ คือหน่วยทดลองที่ 5, 6, 7 และ 8 ซึ่งใช้กำลังงานของเครื่องไมโครเวฟที่ระดับ 300 วัตต์ มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ ส่วนการใช้อุณหภูมิของลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียสจะมีแนวโน้มทำให้อัตราการอบแห้งเนื้อลำไยต่ำและใช้เวลาในการอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 18 สูง กว่าการใช้อุณหภูมิของลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส ส่วนความเร็วของลมร้อนอาจจะไม่มีผลหรือมีผลเล็กน้อยต่ออัตราการอบแห้ง

เมื่อได้กราฟการทำแห้งแล้ว นำความชื้นจากตารางภาคผนวก ค-1 และอัตราการอบแห้งในตารางภาคผนวก ค-2 มาเขียนกราฟอัตราการอบแห้งโดยให้ความชื้นของแต่ละหน่วยทดลองเป็นแกนนอน และอัตราการอบแห้ง (dx/dt) ของแต่ละหน่วยเป็นแกนตั้ง ได้กราฟอัตราการอบแห้งของหน่วยทดลองทั้ง 8 หน่วย ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

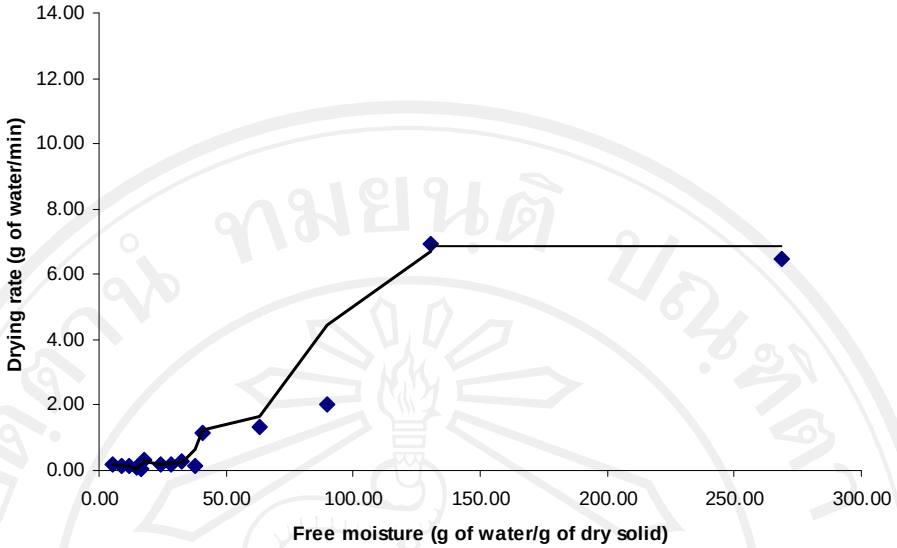


รูป 4.2 กราฟอัตราการอบแห้งที่กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที

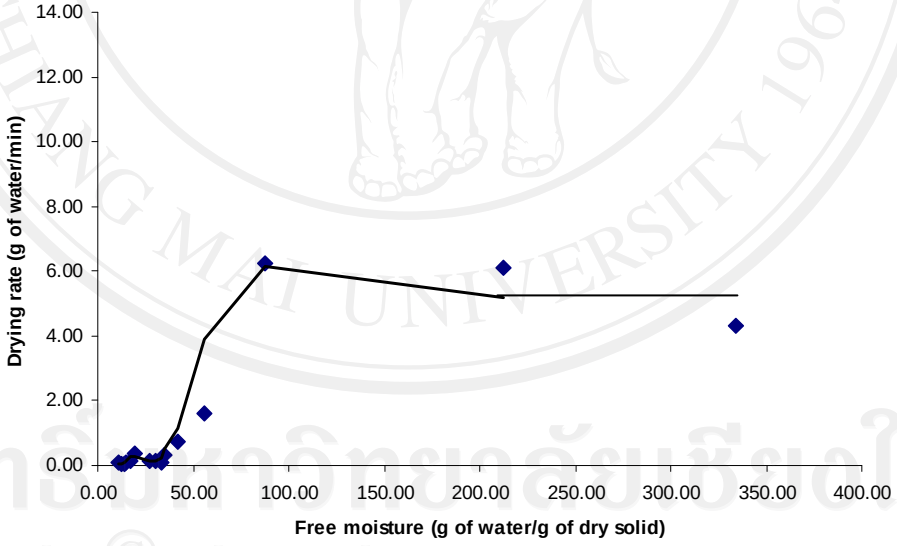


รูป 4.3 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

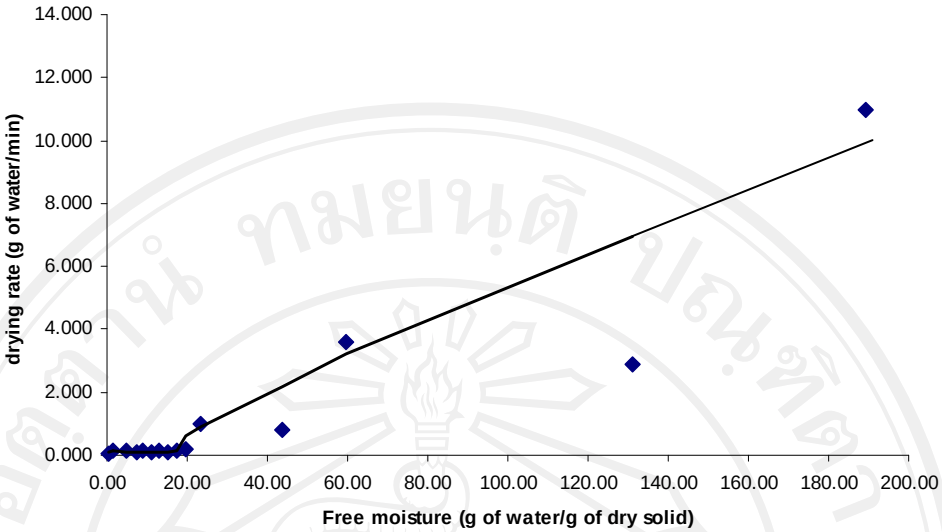


รูป 4.4 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที

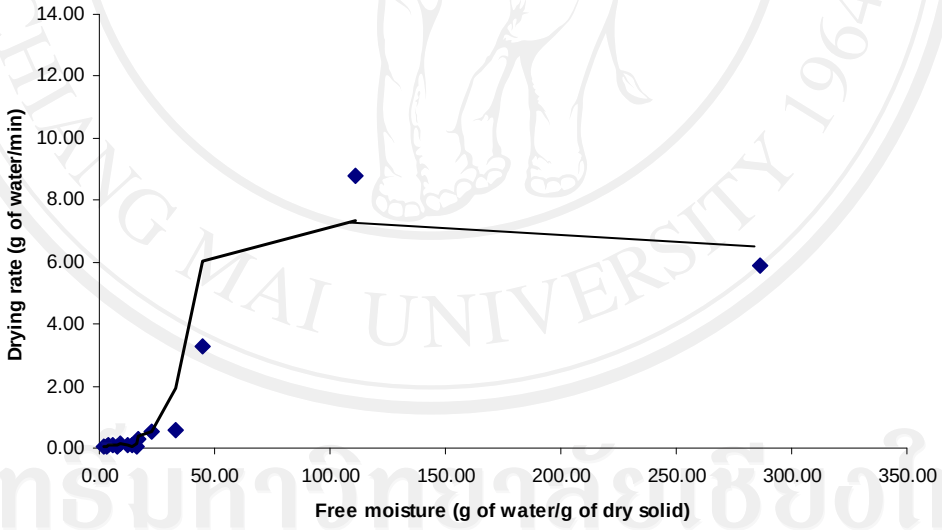


รูป 4.5 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

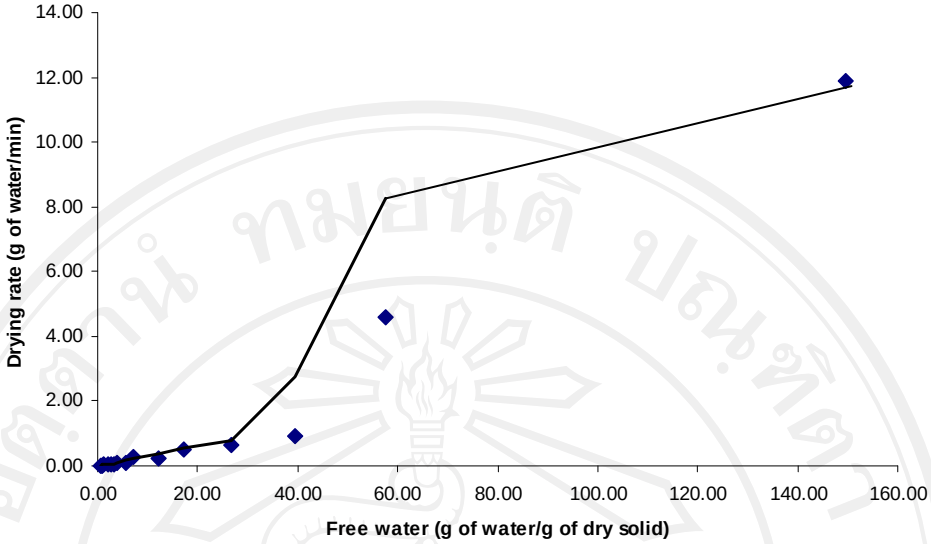


รูป 4.6 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที

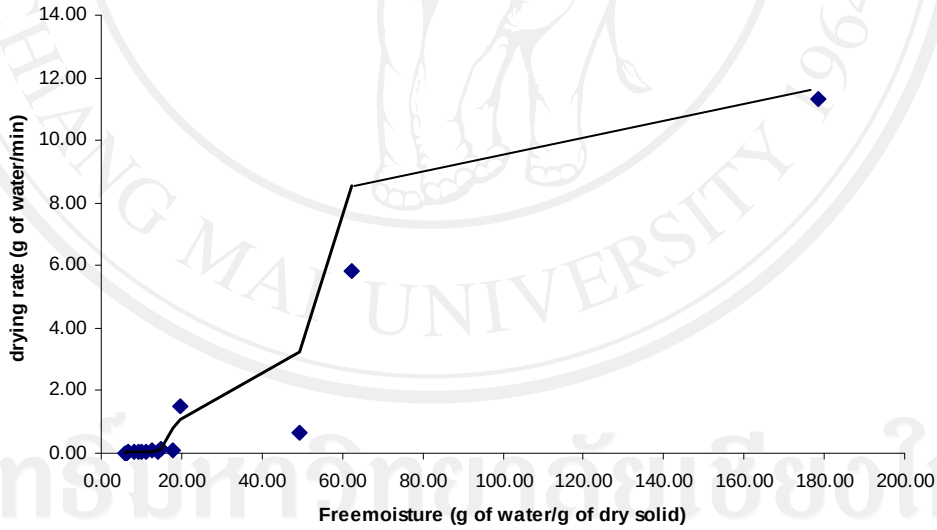


รูป 4.7 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.8 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที



รูป 4.9 กราฟอัตราการอบแห้งทีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.2 กราฟอัตราการอบแห้ง สภาวะที่ใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที มีลักษณะลาดเอียงลง หมายถึง อัตราการอบแห้งของเนื้อลำไยจะลดลง โดยมีแนวโน้ม ไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิลมร้อนมีอิทธิพลต่อการอบแห้งน้อยกว่าอิทธิพลที่เกิดจากกำลังงานไมโครเวฟดังนั้นเมื่อทำ

การอบแห้งจะเกิดการระเหยของน้ำออกจากเนื้อลำไยได้เร็วกว่าการระเหยที่ผิวหน้าของเนื้อลำไย ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำออกมาที่ผิวเนื้อลำไยจะมากกว่าอัตราการระเหยที่ผิวของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีความชื้นประมาณร้อยละ 50 ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีการระเหยของน้ำในอัตราที่ต่ำมาก และจากรูป 4.3 กราฟอัตราการอบแห้ง ในสภาวะที่มีกำลังงานไมโครเวฟและอุณหภูมิลมร้อนเท่ากัน แต่เพิ่มความเร็วลมร้อนจาก 5 เป็น 10 เมตรต่อวินาที จะมีลักษณะเส้นกราฟเหมือนกัน คือ จะไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อัตราการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงและที่ความชื้นประมาณร้อยละ 60 อัตราการอบแห้งจะต่ำมาก

จากรูป 4.4 และ 4.5 เป็นกราฟอัตราการอบแห้งของสภาวะที่ใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียสเท่ากัน แต่ใช้ความเร็วลมร้อน 5 และ 10 เมตรต่อวินาที ลักษณะเส้นกราฟจะมีแนวโน้มจะมีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที ที่ช่วงความชื้นร้อยละ 140 ถึง 270 ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ที่ช่วงความชื้นร้อยละ 90 ถึง 320 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกำลังงานไมโครเวฟมีผลกระทบต่ออัตราการอบแห้งน้อยกว่าผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิลมร้อนทำให้ลักษณะการอบแห้งเป็นกลไกการอบแห้งโดยการพาความร้อนซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำออกมาที่ผิวเนื้อลำไยจะเท่ากับอัตราการระเหยที่ผิวของผลิตภัณฑ์ (Barbosa-Canovas and Vega-Mercado, 1996) ทำให้มีช่วงที่มีอัตราการอบแห้งคงที่

จากรูป 4.6 ถึง 4.9 กราฟอัตราการอบแห้งของสภาวะที่ใช้กำลังงานของไมโครเวฟเพิ่มขึ้นจาก 100 วัตต์ เป็น 300 วัตต์ โดยลักษณะกราฟอัตราการอบแห้งมีแนวโน้มที่จะไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของกำลังงานไมโครเวฟที่ทำให้น้ำในเนื้อลำไยมีความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้กลายเป็นไอน้ำระเหยออกมาจากเนื้อลำไยมาที่ผิวได้เร็วกว่าการระเหยที่ผิวหน้าเนื้อลำไยทำให้มีอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงมากและจะลดลงเมื่อทำการอบแห้งต่อไปและเมื่อมีความชื้นประมาณร้อยละ 40- 60 อัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลืออัตราการอบแห้งที่ต่ำมาก และจากการอบแห้งด้วยกำลังงานไมโครเวฟ300 วัตต์ อัตราการอบแห้งสูงสุดจะสูงกว่าการอบแห้งด้วยกำลังงานไมโครเวฟที่ 100 วัตต์

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อต้องการความชื้นของเนื้อลำไยต่ำกว่าร้อยละ 18 โดยอาศัยข้อมูลจากตารางภาคผนวก ค-1 พบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ดังแสดงในตาราง 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 เวลาในการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยเครื่องไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่มีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 18

สภาวะ	เวลาในการอบแห้ง (นาที)
กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที	260
กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที	260
กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที	200
กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที	200
กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที	140
กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที	120
กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที	100
กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที	100

จากตาราง 4.2 พบว่า ที่ระดับกำลังงานของไมโครเวฟ อุณหภูมิและความเร็วของลมร้อนสูงขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งให้ได้ความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 18 น้อยลง

ดังนั้นระดับกำลังงานของไมโครเวฟที่ 300 วัตต์ และอุณหภูมิของลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าระดับกำลังงานของไมโครเวฟที่ 100 วัตต์ และอุณหภูมิของลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียส ส่วนความเร็วลมร้อนที่ 5 เมตรต่อวินาทีมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการอบแห้งมากกว่าความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การ วิเคราะห์ คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

4.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ความเหนียว และค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้ง จากตารางภาคผนวก ค-3 นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial จะได้ผลดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ผลของปัจจัยต่างๆที่ศึกษาต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อลำไยอบแห้ง

ปัจจัย	ความเหนียว (นิวตัน)	ค่าสี		
		L	a*	b*
ปัจจัยเดี่ยว				
กำลังงานไมโครเวฟ (A)				
100 วัตต์ (a1)	$1.07^{a}\pm0.35$	$45.63^{b}\pm2.09$	$4.83^{a}\pm0.95$	$14.85^{b}\pm0.38$
300 วัตต์ (a2)	$2.01^{b}+0.38$	$39.82^{a}+1.90$	$8.77^{b}+0.53$	$11.07^{a}+1.13$
อุณหภูมิลมร้อน (B)				
40 องศาเซลเซียส (b1)	$1.33^{a}\pm0.50$	$43.24^{b}\pm2.74$	$6.37^{a}\pm2.43$	$12.74^{a}\pm2.24$
60 องศาเซลเซียส (b2)	$1.75^{b}\pm0.63$	$42.21^{a}\pm4.29$	$7.23^{b}\pm1.825$	$13.19^{b}\pm2.01$
ความเร็วลมร้อน (C)	ns	ns		ns
5 เมตรต่อวินาที (c1)	1.58±0.30	42.39±3.04	$6.64^{a}\pm1.93$	13.07±2.25
10 เมตรต่อวินาที (c2)	1.49±0.80	43.06±4.12	$6.97^{b}\pm2.42$	12.85±2.03
ปัจจัยร่วม				
A x B				
a1b1	$0.89^{a}\pm0.28$	$45.11^{c}\pm2.79$	$4.07^{a}\pm0.54$	$14.78^{b}\pm0.26$
a1b2	$1.25^{a}\pm0.35$	$46.16^{c}\pm1.10$	$5.60^{b}\pm0.54$	$14.92^{b}\pm0.48$
a2b1	$1.77^{b}\pm0.09$	$41.37^{b}\pm0.61$	$8.67^{c}\pm0.13$	$10.70^{a}\pm1.02$
a2b2	$2.25^{b}\pm0.40$	$38.26^{a}\pm1.34$	$8.87^{c}\pm0.77$	$11.44^{a}\pm1.19$
A x C				
a1c1	$1.35^{b}\pm0.24$	$44.63^{b}\pm2.29$	$4.82^{a}\pm0.38$	$14.99^{b}\pm0.44$
a1c2	$0.79^{a}\pm0.17$	$46.63^{b}\pm1.41$	$4.84^{a}\pm1.36$	$14.71^{b}\pm0.26$
a2c1	$1.81^{c}\pm0.13$	$40.14^{a}\pm1.73$	$8.45^{b}\pm0.33$	$11.16^{a}\pm1.47$
a2c2	$2.20^{d}\pm0.45$	$39.49^{a}\pm2.17$	$9.08^{b}\pm0.53$	$10.99^{a}\pm0.79$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ผลของปัจจัยต่างๆที่ศึกษาต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อลำไยอบแห้ง (ต่อ)

ปัจจัย	ความเหนียว (นิวตัน)	ค่าสี		
		L	a*	b*
B x C	ns	ns	ns	ns
b1c1	1.42±0.31	42.02±0.91	6.63±2.33	12.26±2.66
b1c2	1.23±0.65	44.46±3.48	6.12±2.73	13.22±1.86
b2c1	1.74±0.20	42.76±4.38	6.65±1.67	13.89±1.58
b2c2	1.76±0.91	41.66±4.53	7.82±1.92	12.48±2.29
A x B x C				
a1b1c1	1.14^{b}±0.07	42.62^{b}±0.65	4.51^{b}±0.26	14.67^{de}±0.35
a1b1c2	0.64^{a}±0.04	47.60^{d}±0.60	3.62^{a}±0.27	14.88^{de}±0.13
a1b2c1	1.57^{c}±0.05	46.65^{cd}±0.67	5.12^{c}±0.09	15.30^{e}±0.28
a1b2c2	0.94^{b}±0.07	45.66^{c}±1.36	6.07^{d}±0.23	14.55^{d}±0.27
a2b1c1	1.70^{cd}±0.05	41.41^{b}±0.77	8.74^{f}±0.15	9.84^{a}±0.16
a2b1c2	1.83^{de}±0.08	41.33^{b}±0.59	8.61^{f}±0.10	11.56^{b}±0.63
a2b2c1	1.92^{f}±0.07	38.87^{a}±1.43	8.17^{e}±0.08	12.48^{c}±0.43
a2b2c2	2.57^{g}±0.29	37.65^{a}±1.14	9.56^{g}±0.12	10.41^{a}±0.43

หมายเหตุ: - เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p > 0.05$

จากตาราง 4.9 พบว่า กำลังงานไมโครเวฟมีผลต่อ ความเหนียว ค่าสี L a* b*ของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเมื่อเพิ่มกำลังงานไมโครเวฟจาก 100 วัตต์ เป็น 300 วัตต์ ทำให้ความเหนียว และค่าสี a* เพิ่มขึ้น ส่วน ค่าสี L และ b* มีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่กำลังงานไมโครเวฟสูงกว่า น้ำอิสระในเนื้อลำไยจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำระเหยออกมาจากเนื้อลำไยอย่างรวดเร็ว ทำให้เหลือน้ำอิสระในเนื้อลำไยแห้งน้อยลง และเนื้อลำไยจะหดตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้มีความเหนียวมากกว่า ส่วนค่าสี a* ที่เพิ่มขึ้น และค่าสี L และ b* ที่ลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเข้มขึ้น สีแดงเพิ่มมากขึ้น มีสีเหลืองลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในกระบวนการอบแห้งอาจเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ขึ้น จึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ดังจะได้กล่าวในส่วนของการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในตอนต่อไป

อุณหภูมิของลมร้อนมีผลต่อ ความเหนียว ค่าสี L a* b* ของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 40 องศาเซลเซียส เป็น 60 องศาเซลเซียส ทำให้ความเหนียว และค่าสี a* b* เพิ่มขึ้น ส่วน ค่าสี L มีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า น้ำอิสระในเนื้อลำไยจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำระเหยออกมาจากเนื้อลำไยอย่างรวดเร็ว ทำให้เหลือน้ำอิสระในเนื้อลำไยแห้งน้อยลง และเนื้อลำไยจะหดตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้มีความเหนียวมากกว่า ส่วนค่าสี a* b* ที่เพิ่มขึ้น และค่าสี L และ b* ที่ลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเข้มขึ้น สีแดงเพิ่มมากขึ้น มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ความเร็วของลมร้อน ไม่มีผลต่อ ความเหนียว แต่มีผลต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้ง โดยเมื่อเพิ่มความเร็วลมร้อนผลิตภัณฑ์จะมีสีแดงเพิ่มขึ้น

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานไมโครเวฟกับอุณหภูมิของลมร้อน พบว่า ความเหนียวของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งจะขึ้นอยู่กับกำลังงานของไมโครเวฟเท่านั้นโดยที่ ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ จะมีความเหนียวมากกว่าที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อน 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ค่าสี L ที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ไม่มีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิลมร้อน 40 และ 60 องศาเซลเซียส ที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 จะมีค่าสี a* น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่ที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ ค่าสี a* จะไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิของลมร้อน 40 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนค่าสี b* จะลดลงเมื่อใช้กำลังงานไมโครเวฟเพิ่มขึ้นโดยจะไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิของลมร้อน 40 และ 60 องศาเซลเซียส

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานไมโครเวฟกับความเร็วของลมร้อน พบว่า ความเหนียวของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งจะขึ้นอยู่กับกำลังงานของไมโครเวฟเท่านั้นโดยที่ ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ จะมีความเหนียวมากกว่าที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันเมื่อใช้ความเร็วลมร้อนที่ 5 หรือ 10 เมตรต่อวินาที เมื่อเพิ่มระดับกำลังงานไมโครเวฟขึ้นค่าสี L และ b* ลดลงตามกำลังงานไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น และมีค่าเท่ากันที่ความเร็วลมร้อน 5 หรือ 10 เมตรต่อวินาที ค่าสี a* ที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ จะมากกว่าที่ 300 วัตต์ และที่ระดับกำลังงานเดียวกันจะไม่มีความแตกต่างกันที่ความเร็วลมร้อน 5 และ 10 เมตรต่อวินาที

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับความเร็วลมร้อน พบว่า จะไม่มีผลต่อ ความเหนียว และค่าสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานไมโครเวฟกับอุณหภูมิของลมร้อนกับความเร็วลมร้อน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมทั้ง 3 ปัจจัย พบว่า การใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 40 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน 10 เมตรต่อวินาที จะให้เนื้อลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพทางกายภาพที่ดี โดยที่มีความเหนียว และค่าสี a* น้อยที่สุด ค่าสี L และ b* มากที่สุด

ดังนั้นคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งที่ได้จาการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าโดยมีค่าความเหนียวต่ำ ความสว่าง (L*) สูง มีสีแดง (a*) น้อย และมีสีเหลือง (b*) สูง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อลำไยอบแห้งสีเหลืองทอง

4.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ค่า a_w น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ร้อยละของกรดแกลลิคที่เหลืออยู่ และร้อยละของกรดแกลลิคที่เหลืออยู่ ของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้ง จากตารางภาคผนวก ค-3 นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial จะได้ผลดังตาราง 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลของปัจจัยต่างๆที่ศึกษาต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อลำไยอบแห้ง

ปัจจัย	a_w	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	HMF (ไมโครกรัมต่อกรัม)	ปริมาณของกรดที่เหลืออยู่เมื่อเทียบกับลำไยสด (ร้อยละ)	
					กรดแกลลิค	กรดเอลาจิค
ปัจจัยเดี่ยว						
กำลังงานไมโครเวฟ (A)	ns					
100 วัตต์ (a1)	0.55±0.02	15.31^{b}±1.47	44.91^{b}±1.90	0.00^{a}±0.00	36.30^{b}±2.83	34.43^{b}±3.99
300 วัตต์ (a2)	0.54±0.02	11.35^{a}±0.94	30.37^{a}±6.20	5.68^{b}±6.57	23.58^{a}±3.86	24.89^{a}±6.01
อุณหภูมิลมร้อน (B)	ns	ns				
40 องศาเซลเซียส (b1)	0.54±0.02	13.14±1.15	40.96^{b}±6.15	0.55^{a}±0.63	30.27^{b}±8.04	32.88^{b}±4.89
60 องศาเซลเซียส (b2)	0.55±0.02	13.53±3.19	34.32^{a}±9.76	5.14^{b}±6.99	29.61^{a}±6.80	26.44^{a}±7.43
ความเร็วลมร้อน (C)	ns	ns	ns			ns
5 เมตรต่อวินาที (c1)	0.54±0.02	13.70±2.53	39.21±8.20	1.27^{a}±1.86	31.42^{b}±7.26	30.05±8.84
10 เมตรต่อวินาที (c2)	0.55±0.02	12.96±2.21	36.07±9.19	4.42^{b}±7.20	28.46^{a}±7.32	29.27±4.81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลของปัจจัยต่างๆที่ศึกษาต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อลำไยอบแห้ง (ต่อ)

ปัจจัย	a_w	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	HMF (ไมโครกรัมต่อกรัม)	ปริมาณของกรดที่เหลืออยู่เมื่อเทียบกับลำไยสด (ร้อยละ)	
					กรดแกลลิค	กรดเอลาจิค
ปัจจัยร่วม						
A x B	ns					
a1b1	0.54±0.02	14.14^{c}±0.46	46.32^{c}±1.60	0.00^{a}±0.00	36.65^{b}±3.94	35.72^{c}±4.73
a1b2	0.55±0.02	16.48^{d}±1.12	43.50^{c}±0.78	0.00^{a}±0.00	35.95^{b}±1.33	33.15^{bc}±2.94
a2b1	0.53±0.01	12.13^{b}±0.54	35.60^{b}±3.41	1.10^{a}±0.37	23.90^{a}±5.41	30.05^{b}±3.32
a2b2	0.55±0.02	10.57^{a}±0.44	25.14^{a}±2.68	10.28^{b}±6.65	23.26^{a}±1.80	19.73^{a}±2.17
A x C	ns					
a1c1	0.54±0.02	15.73^{b}±0.98	45.67^{b}±2.25	0.00^{a}±0.00	37.62^{b}±2.88	37.65^{c}±2.78
a1c2	0.55±0.02	14.89^{b}±0.99	44.15^{b}±1.22	0.00^{a}±0.00	34.98^{b}±2.26	31.21^{b}±1.51
a2c1	0.53±0.01	11.68^{a}±0.94	32.76^{a}±6.55	2.54^{a}±1.93	25.22^{a}±3.96	22.45^{a}±5.07
a2c2	0.55±0.02	11.03^{a}±0.90	27.99^{a}±5.28	8.84^{b}±8.20	21.93^{a}±3.26	27.33^{ab}±6.30
B x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
b1c1	0.54±0.02	13.32±0.98	43.09±4.98	0.39^{a}±0.44	34.53±6.25	33.50±7.11
b1c2	0.54±0.01	12.95±1.37	38.83±6.90	0.71^{a}±0.78	26.02±7.74	32.27±1.07

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลของปัจจัยต่างๆที่ศึกษาต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อลำไยอบแห้ง (ต่อ)

ปัจจัย	a_w	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	HMF (ไมโครกรัมต่อกรัม)	ปริมาณของกรดที่เหลืออยู่เมื่อเทียบกับลำไยสด (ร้อยละ)	
					กรดแกลลิค	กรดเอลาจิค
b2c1	0.54±0.02	14.09±3.58	35.33±9.33	2.14^{a}±2.36	28.32±7.34	26.61±9.64
b2c2	0.56±0.02	12.97±2.98	33.31±10.97	8.13^{b}±8.97	30.90±6.61	26.27±5.31
A x B x C	ns					
a1b1c1	0.55±0.03	14.16^{d}±0.43	47.59^{f}±1.03	0.00^{a}±0.00	40.22^{h}±0.57	39.93^{f}±1.46
a1b1c2	0.54±0.02	14.12^{d}±0.60	45.05^{e}±0.74	0.00^{a}±0.00	33.07^{e}±0.41	31.50^{d}±0.59
a1b2c1	0.54±0.02	17.30^{f}±0.90	43.75^{e}±0.78	0.00^{a}±0.00	35.01^{f}±0.35	35.37^{e}±1.28
a1b2c2	0.56±0.02	15.67^{e}±0.57	43.25^{e}±0.86	0.00^{a}±0.00	36.90^{g}±1.29	30.92^{d}±2.25
a2b1c1	0.53±0.01	12.48^{c}±0.33	38.59^{d}±0.39	0.79^{ab}±0.17	28.83^{d}±0.19	27.06^{c}±0.12
a2b1c2	0.53±0.01	11.78^{bc}±0.50	32.61^{c}±1.51	1.42^{b}±0.11	18.96^{a}±0.28	33.04^{d}±0.85
a2b2c1	0.53±0.01	10.87^{ab}±0.41	26.92^{b}±2.24	4.29^{c}±0.35	21.62^{b}±0.10	17.85^{a}±0.77
a2b2c2	0.56±0.01	10.26^{a}±0.18	23.37^{a}±1.86	16.26^{d}±1.72	24.91^{c}±0.10	21.61^{b}±0.75

หมายเหตุ: - เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p > 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.4 พบว่า กำลังงานไมโครเวฟ ไม่มีผลต่อค่า a_w แต่จะมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ร้อยละของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลือ โดย เมื่อเพิ่มกำลังงานไมโครเวฟจาก 100 วัตต์เป็น 300 วัตต์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ร้อยละของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลือ จะลดลง ส่วนปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) จะเพิ่มขึ้น

อุณหภูมิลมร้อน ไม่มีผลต่อค่า a_w ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ แต่จะมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ร้อยละของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลือ คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 40 เป็น 60 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และร้อยละของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลือจากการอบแห้งจะลดลง สารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) จะเพิ่มขึ้น

ความเร็วของลมร้อน ไม่มีผลต่อค่า a_wและปริมาณกรดเอลลาจิคที่เหลือ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณกรดเอลาจิคที่เหลือ แต่จะมีผลต่อสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ร้อยละของกรดแกลลิคที่เหลือ คือ เมื่อเพิ่มความเร็วลมร้อนจาก 5 เป็น 10 เมตรต่อวินาที ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และทั้งหมดจะลดลง สารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) จะเพิ่มขึ้น ร้อยละของกรดแกลลิคที่เหลือจากการอบแห้งจะลดลง

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานไมโครเวฟกับอุณหภูมิของลมร้อน พบว่า ไม่มีผลต่อค่า a_w แต่จะทำให้น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณของกรดแกลลิค และปริมาณกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ ลดลงเมื่อใช้กำลังงานไมโครเวฟและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) พบที่กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์เท่านั้น และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 40 เป็น 60 องศาเซลเซียส

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานไมโครเวฟกับความเร็วของลมร้อน พบว่า ไม่มีผลต่อค่า a_w แต่จะทำให้น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณของกรดแกลลิค และปริมาณกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ ลดลงเมื่อใช้กำลังงานไมโครเวฟเพิ่มขึ้นจาก 100 วัตต์ เป็น 300 วัตต์ แต่จะมีปริมาณเท่ากันที่ความเร็วลมร้อน 5 และ 10 เมตรต่อวินาที ปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) พบที่กำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์เท่านั้น และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วลมร้อนจาก 5 เป็น 10 เมตรต่อวินาที

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนกับความเร็วของลมร้อน พบว่า ไม่มีผลต่อ ค่า a_w น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และปริมาณของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ แต่จะผลต่อปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) โดยในสภาวะที่มีอุณหภูมิลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อน 60 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมร้อนที่เพิ่มขึ้นจาก 5 เมตรต่อวินาทีเป็น 10 เมตรต่อวินาที

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับกำลังงานไมโครเวฟกับอุณหภูมิลมร้อนกับความเร็วของลมร้อน พบว่า ไม่มีผลต่อ ค่า a_w แต่จะมีผลต่อ น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) และปริมาณของกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ โดยหน่วยทดลองที่มีกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ จะมีน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณกรดแกลลิค และกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ มากกว่าสภาวะที่มีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ และที่หน่วยทดลอง 300 วัตต์จะพบสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่น้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อลำไย อาจเกิดจากการเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยา Maillard reaction ที่เป็นปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนโดยเฉพาะ lysine ซึ่งจากการหาปริมาณค่า lysine ในเนื้อลำไยสดพบในปริมาณ 597 -620 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (อรุณี, 2551) ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction อาจเป็นสาเหตุที่พบสารประกอบ HMF (Fennema, 1996) และที่หน่วยทดลองที่มีกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์ มีปริมาณสารประกอบ HMF เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วของลมร้อน แสดงว่าอุณหภูมิและความเร็วลมร้อนสูงจะช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ปริมาณกรดแกลลิค และกรดเอลลาจิคที่เหลืออยู่ จะลดลงเมื่อใช้กำลังงานไมโครเวฟและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยไมโครเวฟ ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้สูญเสียกรดแกลลิคและกรดเอลลาจิค คือ อุณหภูมิในการอบแห้ง ซึ่งกำลังงานไมโครเวฟ และอุณหภูมิของลมร้อนในการอบแห้งจะทำให้อุณหภูมิของเนื้อลำไยเพิ่มขึ้นและเมื่อถึงอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส โมเลกุลของกรดทั้งสองจะสูญเสียน้ำผลึกในโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของกรดทั้งสองเสียสภาพไป (Henriette's Herbal Homepage, 2008) บางส่วนทำให้มีปริมาณลดลง ส่วนการเพิ่มความเร็วลมร้อนจะมีผลทำให้ปริมาณกรดแกลลิคลดลงเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดแกลลิคมีมวลโมเลกุลต่ำกว่ากรดเอลลาจิคทำให้มีความเสถียรน้อยกว่า

ดังนั้นคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ระดับกำลังงานไมโครเวฟ 300 วัตต์โดยมีปริมาณกรดแอลลาจิค และกรดเอลลาจิคเหลืออยู่เหลืออยู่ร้อยละ 33.07-40.22 และ 30.92-39.93 ตามลำดับ และไม่พบสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF)

เมื่อพิจารณาผลของสภาวะการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนคุณภาพทางกายภาพ และเคมีที่ต้องการคือ ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวน้อย มีสีออกเหลืองทอง มีปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ คือกรดแกลลิค และกรดเอลลาจิคเหลืออยู่มาก ไม่พบสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) สภาวะในการอบแห้งดังกล่าว ได้แก่ สภาวะที่ใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ ที่อุณหภูมิลมร้อน 40 และ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน ที่ 5 และ 10 เมตรต่อวินาที ซึ่งสภาวะนี้จะใช้ในการทดลองตอนต่อไป

4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากสภาวะในการอบแห้งที่เลือกมาคือ สภาวะที่ใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ ที่อุณหภูมิลมร้อน 40 และ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน ที่ 5 และ 10 เมตรต่อวินาที เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ได้ผลดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

สภาวะ	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
100W, 40^{o}C, 5 m/s	6.52±1.16	6.44±1.36	6.72±1.07	6.46±1.16	6.58±0.91
100W, 40^{o}C, 10 m/s	6.56±1.42	6.44±1.37	6.68±1.38	6.60±1.56	6.79±1.22
100W, 60^{o}C, 5 m/s	6.68±1.15	6.50±1.15	6.88±0.98	6.46±1.09	6.82±0.77
100W, 40^{o}C, 10 m/s	6.74±1.21	6.18±1.38	6.54±1.43	6.54±1.36	6.58±1.25

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p > 0.05$

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง

จากตาราง 4.5 พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ร่วมกับคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งสภาวะการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ดีที่สุด ได้แก่ สภาวะที่ใช้กำลังงานไมโครเวฟ 100 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุด 200 นาที (3 ชั่วโมง 20 นาที) ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้งที่มีสีเหลืองทอง มีความเหนียวน้อย มีความชื้นร้อยละ 17.42±0.31 (โดยน้ำหนักแห้ง) กรดแกลลิค 13.83±0.11 ไมโครกรัมต่อกรัม กรดเอลลาจิค 91.07±2.70 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

15.67±0.40 ไม่พบสารประกอบ5- ไฮดรอกซีเมทธิล-2-เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ (HMF) และได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในเกณฑ์ที่ชอบเล็กน้อยถึงชอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved