สภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่เหมาะสมของหอมแดงใบเตยผง
Optimum Hot Air Drying Condition for Shallot with Pandanus Powder

สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์[1] จุฑามาศ เยาวนิจ[1] และวิไลวรรณ ทาพรมมี[1]*
Suchada Laohasilpsomjit[1], Jutamas Yaowanij[1] and Wilaiwan Thaprommee[1]*

รับบทความ 20 กันยายน 2568/ ปรับแก้ไข 2 ธันวาคม 2568/ ตอบรับบทความ 8 ธันวาคม 2568
Received: September 20, 2025/ Revised: December 02, 2025/ Accepted: December 08, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนที่เหมาะสม สำหรับการผลิตหอมแดงใบเตยผง สภาวะการอบแห้งที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแห้งที่ 10 11 และ 12 ชั่วโมง อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1 3:1 และ 5:1 โดยน้ำหนัก คุณภาพของหอมแดงใบเตยผง ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 ชั่วโมง อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1 เป็นสภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่เหมาะสมที่สุดโดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด 13.61±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมหอมแดงใบแตยผง (น้ำหนักแห้ง) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด 12.05±0.18 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมหอมแดงใบเตยผง (น้ำหนักแห้ง)

คำสำคัญ: หอมแดงใบเตยผง อุณหภูมิอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This research was conducted to optimum the hot air drying conditions for shallot with pandanus powder. Drying conditions were drying at 60, 70 and 80 °C for 10, 11 and 12 h. Ratio of shallot powder and pandanus powder were 1:1 3:1 and 5:1 (w/w). Qualities of shallot with pandanus powder were total phenolic content and antioxidant activity. The results indicated the optimum drying temperature and drying time were 80 °C and 10 h, respectively. The optimal ratio of shallot powder and pandanus powder was 1:1 (w/w). This optimum condition demonstrated the highest total phenolic content about 13.61±0.04 milligrams equivalent of gallic acid per gram shallot with pandanus powder (dry weight) and antioxidant activity12.05±0.18 milligrams equivalent of ascorbic acid per gram shallot with pandanus powder (dry weight).

Keywords: Shallot with pandanus powder, drying temperature, drying time, ratio of shallot powder and pandanus powder, total phenolic content, antioxidant activity

[1]สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Thailand
*Corresponding author E-mail: suchada.l@ubru.ac.th

บทนำ

หอมแดง (shallot) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ประเทศไทยจัดเป็นแหล่งปลูกหอมแดงที่มีคุณภาพ มีการส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้านอย่างมาเลเซีย ลาวและกัมพูชา (ธีระวุฒิ ปัญญา, 2561) โดยประเทศไทยมีการปลูกอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีแหล่งปลูกสำคัญที่จังหวัดศรีสะเกษที่มีผลผลิตสูงถึง 76,747 ตันในปี 2567 และภาคเหนือที่มีแหล่งปลูกสำคัญที่จังหวัดเชียงใหม่ อุตรดิตถ์และเพชรบูรณ์ โดยปี 2567 มีผลผลิตสูงถึง 32,280, 7,717 และ 5,123 ตันตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568) โดยทั่วไปหอมแดงถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ช่วยดับกลิ่นคาวของอาหารและช่วยแต่งกลิ่นและรส เช่น อาหารประเภทยำ ต้มยำ ต้มโคล้ง น้ำพริกและแกงเผ็ดต่างๆ และนำมาทานสดกับอาหารเช่น แหนมและเมี่ยงคำ ซึ่งหอมแดงจัดเป็นพืชสมุนไพรที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยหอมแดงสด 100 กรัม ให้พลังงาน 160 กิโลแคลอรี่ ประกอบด้วยน้ำ 88 กรัม คาร์โบไฮเดรต 9 กรัม โปรตีน 1.5 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม ใยอาหาร 0,7 กรัม แคลเซียม 36 มิลลิกรัม สามารถบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ฆ่าพยาธิในลำไส้ บรรเทาอาการคัดจมูก (ธีระวุฒิ ปัญญา, 2561) นอกจากสรรพคุณดังกล่าวแล้ว หอมแดงจัดเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญได้แก่ anthocyanin, quercetin, ferrulic acid, gallic acid, protocatechuic acid และ kaempferol (Singh et al., 2009) ที่มีสรรพคุณที่สามารถต้านมะเร็ง (anticancer) ได้ (Abdulmonem et al., 2017) Jaikhamwang et al. (2023) รายงานว่าสารสกัดของหอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) และมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial) Musika & Musika (2021) รายงานว่า ชาหอมแดงสมุนไพรที่เหมาะสมประกอบด้วยหอมแดง 45% ใบหอม 20% และใบเตย 35% โดยน้ำหนัก ผลิตโดยนำหอมแดง ใบเตยและใบต้นหอม ชิ้นขนาด 2-3 มิลลิเมตร นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 20 วินาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็น ผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ นำไปคั่วด้วยไฟอ่อนๆ นาน 30 นาที จากนั้นนำไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคประมาณ 7.3 (ประเมินด้วยวิธี 9-point-hedonic scale) มีปริมาณความชื้นน้อยกว่า 6% ดังนั้นเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์หอมแดงที่หลากหลายมากขึ้นนอกจากใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของหอมแดง งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดในการนำหอมแดงมาผลิตผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มเพื่อสุขภาพโดยแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หอมแดงผงโดยใช้วิธีการผลิตด้วยตู้อบลมร้อน แต่เนื่องจากหอมแดงมีกลิ่นที่แรงถ้าหากบริโภคเพียงแค่หอมแดงอย่างเดียว จึงมีการนำพืชสมุนไพรชนิดอื่นมาผสมเพื่อลดกลิ่นแรงของหอมแดงและเพิ่มคุณประโยชน์ของชาหอมแดง โดยนำใบเตยซึ่งประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ epicatechin, naringin, catechin และ kaempferol (Ghasemzadeh & Jaafar, 2013) นำมาผสมกับหอมแดง และเพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น ได้แก่ หอมแดง และใบเตย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งหอมแดงและใบเตยด้วยลมร้อนที่เหมาะสมได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยตู้อบลมร้อน และอัตราส่วนของใบเตยผงที่สามารถผสมในหอมแดงผงได้โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

หอมแดง จากอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ (เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์) นำหอมแดงไปปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้งและตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 5x6 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดผักเอนกประสงค์ ผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ ที่อุณหภูมิห้อง

ใบเตย จากตลาดสดเทศบาล 3 อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี คัดใบเตยที่มีตำหนิออก ล้างด้วยน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นบางขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร ผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ ที่อุณหภูมิห้อง

2. ศึกษาสภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนที่เหมาะสมที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง

ทำการศึกษาสภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนที่เหมาะสมที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงโดยวางแผนการทดลองแบบ 3^3 factorial in Randomized Completely Block Design

ทำการศึกษา 3 ปัจจัย 3 ระดับ คือ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งหอมแดงและใบเตย (60 70 และ 80 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งหอมแดงและใบเตย (10 11 และ 12 ชั่วโมง) และอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง (1:1 3:1 และ 5:1) (ตารางที่ 1) จากแผนการทดลองดังกล่าวได้การทดลองทั้งหมดจำนวน 27 การทดลอง (ตารางที่ 2) ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ซ้ำ ตัดหอมแดงให้เป็นชิ้นขนาด 5x6 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดผักเอนกประสงค์ และหั่นใบเตยหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ ที่อุณหภูมิห้อง นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามตารางที่2 หลังจากอบแล้วนำออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที บดด้วยเครื่องปั่น (tefal : LA MOULINETTE DPA 1T, Thailand) จากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 70 mesh นำหอมแดงผงและใบเตยผงมาผสมกันให้ได้อัตราส่วน 1:1 3:1 และ 5:1 ตามการทดลองในตารางที่ 2 เก็บตัวอย่างหอมแดงใบเตยผงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Viera et al. (2017) ชั่งตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง 5 กรัม นำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 (โดยปริมาตร) จำนวน 50 มิลลิลิตร (ตวงโดยใช้ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิตร) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalceu 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 5 นาที เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 7 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 60 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรโดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-Diphenyl-3-picrylhydrazyl DPPH Free Radical Scavenging ตามวิธีของ Viera et al. (2017) ชั่งตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง 5 กรัม นำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 (โดยปริมาตร) จำนวน 50 มิลลิลิตร (ตวงโดยใช้ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิตร) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ 3.9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรโดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 ระดับต่ำ กลางและสูงของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	60	70	80
ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	10	11	12
อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	1:1	3:1	5:1

ตารางที่ 2 สภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง

การทดลอง	ปัจจัย		
	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง
1	60	10	5:1
2	60	10	3:1
3	60	10	1:1
4	60	11	5:1
5	60	11	3:1
6	60	11	1:1
7	60	12	5:1
8	60	12	3:1
9	60	12	1:1
10	70	10	5:1
11	70	10	3:1
12	70	10	1:1
13	70	11	5:1
14	70	11	3:1
15	70	11	1:1
16	70	12	5:1
17	70	12	3:1
18	70	12	1:1
19	80	10	5:1
20	80	10	3:1
21	80	10	1:1
22	80	11	5:1
23	80	11	3:1
24	80	11	1:1
25	80	12	5:1
26	80	12	3:1
27	80	12	1:1

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งและอัตราส่วนของหอมแดงผงและใบเตยผง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows 22.0

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงที่เหมาะสม

การอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบนาน 10 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1 เป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตหอมแดงใบเตยผง แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 13.61±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง (ตารางที่ 3) และแสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 12.05±0.18 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหอมแดงใบเตยผง

การทดลอง	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง)
1	60	10	5:1	7.92 ± 0.06^{o}
2	60	10	3:1	7.99 ± 0.06^{no}
3	60	10	1:1	9.23 ± 0.13^{m}
4	60	11	5:1	7.58 ± 0.10^{p}
5	60	11	3:1	7.64 ± 0.13^{p}
6	60	11	1:1	8.07 ± 0.10^{n}
7	60	12	5:1	7.65 ± 0.05^{p}
8	60	12	3:1	9.62 ± 0.02^{l}
9	60	12	1:1	10.14 ± 0.13^{j}
10	70	10	5:1	10.13 ± 0.12^{j}
11	70	10	3:1	11.25 ± 0.08^{f}
12	70	10	1;1	10.35 ± 0.05^{i}
13	70	11	5:1	9.17 ± 0.14^{m}
14	70	11	3:1	9.91 ± 0.07^{k}
15	70	11	1:1	12.67 ± 0.10^{b}
16	70	12	5:1	9.14 ± 0.06^{m}
17	70	12	3:1	11.49 ± 0.03^{e}
18	70	12	1:1	12.32 ± 0.04^{c}
19	80	10	5:1	7.00 ± 0.07^{q}
20	80	10	3:1	11.45 ± 0.08^{e}
21	80	10	1:1	13.61 ± 0.04^{a}
22	80	11	5:1	10.75 ± 0.17^{h}
23	80	11	3:1	11.05 ± 0.09^{g}
24	80	11	1:1	11.76 ± 0.07^{d}

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหอมแดงใบเตยผง (ต่อ)

การทดลอง	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง)
25	80	12	5:1	11.39 ± 0.09^{ef}
26	80	12	3:1	11.77 ± 0.06^{d}
27	80	12	1:1	11.50 ± 0.07^{e}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=6)

a-p ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ผลของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง

ปัจจัยการผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง โดยอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งหอมแดงใบเตยผง ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งหอมแดงใบเตยผง และอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหอมแดงใบเตยผงอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 0.021 และ 0.000 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 0.030 และ 0.000 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งมีอิทธิพลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงและระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยมีค่า Beta เท่ากับ 0.629 -0.488 และ 0.157 ตามลำดับ อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งและระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยมีค่า Beta เท่ากับ -0.567 0.374 และ 0.180 ตามลำดับ ค่า beta ที่มากแสดงถึงตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากกว่าตัวแปรอิสระที่มีค่า beta น้อย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2543)

ตารางที่ 4 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง

การทดลอง	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่าง)
1	60	10	5:1	7.37 ± 0.25^{mn}
2	60	10	3:1	7.61 ± 0.37^{mn}
3	60	10	1:1	9.41 ± 0.38^{fgh}
4	60	11	5:1	6.57 ± 0.22^{o}
5	60	11	3:1	7.23 ± 0.26^{n}
6	60	11	1:1	7.79 ± 0.11^{lm}
7	60	12	5:1	6.55 ± 0.47^{o}
8	60	12	3:1	7.67 ± 0.26^{mn}
9	60	12	1:1	8.83 ± 0.22^{ij}
10	70	10	5:1	8.54 ± 0.20^{jk}
11	70	10	3:1	9.17 ± 0.11^{ghi}

ตารางที่ 4 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง (ต่อ)

การทดลอง	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่าง)
12	70	10	1;1	11.17 ± 0.23^{b}
13	70	11	5:1	7.33 ± 0.34^{mn}
14	70	11	3:1	7.64 ± 0.34^{mn}
15	70	11	1:1	9.04 ± 0.27^{hi}
16	70	12	5:1	8.22 ± 0.11^{kl}
17	70	12	3:1	10.65 ± 0.19^{c}
18	70	12	1:1	10.28 ± 0.36^{cd}
19	80	10	5:1	4.41 ± 0.23^{p}
20	80	10	3:1	6.57 ± 0.33^{o}
21	80	10	1:1	12.05 ± 0.18^{a}
22	80	11	5:1	9.80 ± 0.28^{ef}
23	80	11	3:1	9.63 ± 0.38^{efg}
24	80	11	1:1	9.92 ± 0.70^{de}
25	80	12	5:1	9.14 ± 0.34^{ghi}
26	80	12	3:1	10.65 ± 0.26^{c}
27	80	12	1:1	11.23 ± 0.26^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=6)

a-p ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง

คุณภาพ	ปัจจัย	Beta	P-value
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง	0.629	0.000
	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง	0.157	0.021
	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	-0.488	0.000
	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง	0.374	0.000
	ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง	0.180	0.030
	อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง	-0.567	0.000

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง รวมถึง Interaction ของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงกับ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง และอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (linear regression) พบว่า อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง โดยแสดงค่า beta เป็นบวกเท่ากับ 0.629 และ 0.374 ตามลำดับ อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผง โดยแสดงค่า beta เป็นลบเท่ากับ -0.488 และ-0.567 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงน้อยมากแสดงค่า beta เท่ากับ 0.157 และ 0.180 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่แสดงในตารางที่ 3 และ 4 ที่พบว่า สภาวะการผลิตที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงมากกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหอมแดงใบเตยผงที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 7.58-10.14 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง อุณหภูมิการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียสและ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 9.14-12.67 และ 7.00-13.61 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง ตามลำดับ และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 70 องศาเซลเซียสและ 80 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.55-9.41, 7.33-10.65 และ 4.41-12.05 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ความร้อนทำลายโครงสร้างผนังเซลล์ของหอมแดงและใบเตยทำให้สารประกอบฟีนอลิกจากแวคิวโอล (vacuole) ออกมาสู่หอมแดงและใบเตยมากขึ้น (Lee & Choi, 2012) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มากขึ้นแสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่มากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระถูกทำลายด้วยความร้อน (thermal degradation) เมื่ออบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน (Katsube et al., 2009) จากรายงานการศึกษาของ Suchada (2016) พบว่า ใบหม่อนที่อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสด้วยตู้อบลมร้อนนาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าใบหม่อนที่อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสตู้อบนาน 10 ชั่วโมง อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยที่อัตราส่วนหอมแดงผงต่อใบเตยผง 5:1 แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด ในขณะที่อัตราส่วนหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1 แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดของทุกอุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียสดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากใบเตยผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าหอมแดงผงดังรายงานการศึกษาของ Cheng et al., (2013) ที่รายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหอมแดงจากตลาดท้องถิ่นในเมือง Shandong สาธารณรัฐประชาชนจีน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.71-18.58 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดง (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ Yang et al. (2004) รายงานว่า ตัวอย่างหอมแดงเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.14±0.1 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างหอมแดง สารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในหอมแดงได้แก่ anthocyanin, quercetin, ferrulic acid, gallic acid, protocatechuic acid และ kaempferol (Singh et al., 2009) Quyen et al., (2020) รายงานว่าใบเตย *Pandanus amaryllifolius* Roxb. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 38.12 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างใบเตยผง สารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในใบเตย ได้แก่ epicatechin, naringin, catechin และ kaempferol (Ghasemzadeh & Jaafar, 2013) ดังนั้นจากรายงานการศึกษาของ Cheng et al. (2013) และ Quyen et al. (2020) ใบเตยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าหอมแดงประมาณ 2 เท่า ดังนั้นตัวอย่างหอมแดงใบเตยผงที่มีปริมาณหอมแดงผงน้อย ปริมาณใบเตยผงมาก (ที่อัตราส่วนหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1) แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าที่อัตราส่วน 3:1 และ 5:1 ซึ่งมีปริมาณหอมแดงผงมากขึ้นแต่มีปริมาณใบเตยผงน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Musika & Musika (2021) ที่รายงานว่าชาสมุนไพรหอมแดงที่มีใบเตยและใบหอมเพิ่มขึ้นมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรหอมแดงเพิ่มขึ้นด้วย และสูตรที่มีส่วนผสมของใบเตยในสูตรที่เพิ่มขึ้นมีผลฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสภาวะการผลิตหอมแดงใบเตยผงที่อุณหภูมิการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแห้ง 10 ชั่วโมง อัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผง 1:1 จึงเป็นสภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนที่เหมาะสมที่แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

สภาวะการอบแห้งหอมแดงใบเตยผงด้วยลมร้อนที่เหมาะสมได้แก่ การอบแห้งหอมแดงและใบเตยด้วยตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแห้ง 10 ชั่วโมงและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงที่เหมาะสมคือ 1:1 โดยแสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเท่ากับ 13.61±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง และ 12.05±0.18 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างหอมแดงใบเตยผง ตามลำดับ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งหอมแดงและใบเตย ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งและอัตราส่วนของหอมแดงผงต่อใบเตยผงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหอมแดงใบเตยผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์หอมแดงใบเตยผงเพื่อเป็นเครื่องดื่มผงระดับพรีเมี่ยมสำหรับการผลิตเชิงการค้าต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2543). *การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.

ธีระวุฒิ ปัญญา. (2561). *สุดยอดตำรับยาอายุวัฒนะจากผักพื้นบ้านใกล้ตัว*. กรุงเทพฯ: บริษัทแฮปปี้บุ๊คพับลิชชิ่งจำกัด.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2568). *หอมแดง: ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน ระดับประเทศ รายภาคและจังหวัดปีเพาะปลูก 2566/67*. http://www.oae.go.th/view/ตารางแสดงรายละเอียดหอมแดง/TH-TH

Abdulmonem, I., Manohar, C.M., Hayward, G. & Neethirajan, S. (2017). Antiproliferative activity of Ontario grown onions against colorectal adenocarcinoma cells. *Food Research International, 96,* pp.12-18.

Cheng, A., Chen, X., Jin, Q., Wang, W., Shi, J. & Liu, Y. (2013). Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of red and yellow onions. *Czech Journal of Food Science, 31*(5), pp.501-508.

Ghasemzadeh, A. & Jaafar, H.Z. (2013). Profiling of phenolic compopunds and their antioxidant and anticancer activities in pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) extracts from different locations of Malaysia. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 13*(1), pp.1-9.

Jaikhamwang, N., Juapprasop, T. & Boonprakob, N. (2023). Antibacterial and antioxidant activities of shallot (*Allium ascalonicum*) extract in Lablae District, Uttaradit Province. *Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine, 21*(3), pp.650-660.

Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T. & Yamasaki, Y. (2009). Effect of air-drying temperature on antioxidanr capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chemistry, 113*(4), pp.964-969.

Lee, W.J. & Choi, S.W. (2012). Quantitative changes in polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves in relation to varieties, harvest period and heat processing. *Preservative Nutrition and Food Science, 17*(4), pp.280-285.

Quyen, N.T.C., Quyen, N.T.N., Nhan, L.T.H., & Toan, T.Q. (2020). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents of *Pandanus amaryllifolius* (Roxb.), *IOP Conference Series: Material Science and Engineering* (pp.1-8). Seattle, United States: Washington State Convention Center.

Musika, J. & Musika, T. (2021). Development of healthy shallot herbal tea (*Allium ascalonicum* L.) with antioxidant activities. *Journal of Food Technology, Siam University, 16*(2), pp.148-159.

Singh, B.N., Singh, B.R. & Singh, R.L. (2009). Polyphenolics from various extracts/fractions of red onion (*Allium cepa*) peel with potent antioxidant and antimutagenic activities. *Food and Chemical Toxicology, 47*(6), pp.1161-1167.

Suchada, L. (2016). *Influences of modified atmosphere and drying conditions on quality of mulberry leaf powder.* (Dissertation Doctor of Philosopy, Ubonratchathani University).

Viera, V.B., Piovesan, N., Rodrigues, J.B., Mello, R.O., Prestes, R.C., Santos, R.C.V., Vaucher, R.A., Hautrive, T.P. & Kubota, E.H. (2017). Extraction of phenolic compounds and evaluation of the antioxidant and antimicrobial capacity of red onion skin (*Allium cepa* L.). *International Food Research Journal, 24*(3), pp.990-999.

Yang, J., Meyers, K.J., Heide, J. & Liu, R.H. (2004). Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities in onions. *Agricultural and Food Chemistry, 52*(22), pp.6787-6793.