บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณภาพของผลหม่อนสุก และ เกสรดอกไม้จากผึ้ง

4.1.1 คุณภาพของผลหม่อนสุก

จากการวิเคราะห์คุณภาพของผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ในปี 2552 (ปีที่วิจัย)ที่เก็บรักษาโดยการ แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°ซ พบว่ามีปริมาณความชื้น ร้อยละ 67.28 ± 1.30 และมีสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 2,680.79 ± 212.01 และ 1,578.95 ± 64.14 ไมโครกรัมต่อกรัม มีดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 0.91 ± 0.01 และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 13.86 ± 0.35 (ตารางที่ 4.1) และจากข้อมูลในปี 2550 พบว่ามีปริมาณความชื้น ร้อยละ 81.65±1.46 และมีสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 3,716.24±63.80 และ 2,940.70±60.44 ไมโครกรัมต่อกรัม มีดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 8.45±0.95 และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 88.48±1.97 เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าผลหม่อนในปี 2550 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าปี 2552 โดยอาจเนื่องจาก สภาพอากาศ ระยะของความสุกของผลหม่อน และการเก็บรักษาผลหม่อนระหว่างทำการวิจัย เมื่อพิจารณาจาก ความชื้นพบว่า หม่อนที่เก็บเกี่ยวในปี 2550 มีระยะความสุกมากกว่าในปี 2552 เนื่องจากมีความชื้นสูงกว่า ซึ่งมีการศึกษาว่าหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด สารเคอร์ซีทิน และดัชนีสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มสูงขึ้นตามระยะความสุกที่เพิ่มขึ้น โดยจะพบสารกลุ่มนี้มีปริมาณสูงสุด 3,654.97±7.59 2,512.40±11.32 1.81±1.00 ไมโครกรัมต่อกรัม และ 6.89±0.53 ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2550)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะคุณภาพของผลหม่อนสุก (ดำทั้งผล) พันธุ์เชียงใหม่ที่เก็บเกี่ยวในปี 2552 และ 2550

ลักษณะคุณภาพ	ฤดูกาลเก็บเกี่ยว	
	2552 (ปีที่วิจัย)	2550 1/
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	67.28 ± 1.30	81.65±1.46
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	2,680.79 ± 212.01	3,716.24±63.80
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,578.95 ± 64.14	2,940.70±60.44
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	0.91 ± 0.01	8.45±0.95
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	13.86 ± 0.35	88.48±1.97

หมายเหตุ : 1/ ที่มา สงกรานต์ (2551)

4.1.2 คุณภาพของเกสรดอกไม้จากผึ้ง

จากการวิเคราะห์คุณภาพของเกสรดอกไม้จากผึ้ง สองชนิดคือ ชนิดสดและชนิดแห้ง พบว่า เกสรชนิดสดมี ปริมาณความชื้นร้อยละ 37.52±0.34 มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.72±0.00 มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 2,800.10±4.65 ไมโครกรัมต่อกรัม มีดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 22.29±1.23 และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 1.18±0.03 ส่วนเกสรชนิดแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 16.60±0.51 มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.28±0.00 มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 1,860.39±5.65 ไมโครกรัมต่อกรัม มีดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 32.66±0.83 และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 6.65±0.04 โดยไม่พบสารแอนโทไซยานินในเกสรทั้งสองชนิด (ตารางที่ 4.2) เมื่อเปรียบเทียบ ความชื้นพบว่าเกสรชนิดสดมีความชื้นสูงกว่าเกสรชนิดแห้ง ทำให้การเก็บรักษาทำได้ยากกว่าเนื่องจากมีความชื้นสูงพอที่จุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้ การเก็บรักษาจึงต้องเก็บในอุณหภูมิต่ำ ส่วนเกสรชนิดแห้งมีความชื้น และปริมาณน้ำอิสระต่ำทำให้เก็บรักษาได้ง่าย เมื่อพิจารณาปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดในเกสรดอกไม้จากผึ้งทั้งสองชนิด พบว่า ในเกสรชนิดสด มีปริมาณมากกว่าเกสร ชนิดแห้ง อาจเนื่องจากเกสรชนิดแห้งได้ผ่านการอบที่อุณหภูมิสูงจนแห้ง ทำให้สารฟีนอลทั้งหมด ซึ่งเป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อน มีปริมาณน้อยกว่าในเกสรชนิดสด และอาจสูญสลายไประหว่างกระบวนการผลิต เมื่อพิจารณาทางด้านดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่า เกสรชนิดแห้งมีปริมาณมากกว่าเกสรสด เนื่องจากความเข้มข้นเมื่ออยู่ในรูปของน้ำหนักแห้งจะมีความเข้มข้นมากกว่าเกสรชนิดสด จึงทำให้มีดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าเกสรชนิดแห้ง

ตารางที่ 4.2 ลักษณะคุณภาพของเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด และเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง

ลักษณะคุณภาพ	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้ง	
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	37.52±0.34	16.60±0.51
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.72±0.00	0.28±0.00
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	2,800.10±4.65	1,860.39±5.65
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	ND	ND
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	22.29±1.23	32.66±0.83
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	1.18±0.03	6.65±0.04

หมายเหตุ : ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

4.2.1 ปริมาณการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่เหมาะสม

เมื่อนำส่วนผสมที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับต่างๆแล้วทำการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 70°ซ พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสม จะทำให้ผงหม่อนที่ได้มีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของมอลโทเด็กซ์ทรินเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งในส่วนผสม ส่วนในหม่อนบดที่ไม่มีการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินนั้น พบว่าไม่สามารถทำให้เป็นผงได้ เนื่องจากในหม่อนมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่สูง เมื่อให้ความร้อนก็จะไม่สามารถแห้งแข็งเป็นผลึกได้ แต่จะมีลักษณะเหนียวติดกับถาด ไม่สามารถขูดออกให้เป็นผง การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสม เพียงพอที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง สามารถขูด และบดหม่อนให้เป็นผงได้

เมื่อพิจารณาความสามารถในการไหลของผงโดยวิธีวัดมุมกอง พบว่า ผงหม่อนที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 5-15 มีองศาของการกองอยู่ในช่วงระดับ 45-55 ซึ่งความสามารถในการไหลอยู่ในขั้นไหลได้จำกัด ส่วนตัวอย่างผงหม่อนที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 พบว่าองศาของการกองอยู่ในช่วงระดับ 35-45 ซึ่งความสามารถในการไหลอยู่ในขั้นไหลได้พอใช้ (Carr, 1965) พบว่าผงหม่อนที่ได้มีความสามารถในการไหลใกล้เคียงกับน้ำลำไยผง ซึ่งมีองศาของการกองเท่ากับ 43.33±2.28 (ธัญนิชา, 2552)

เมื่อนำหม่อนผงไปทดสอบการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ พบว่าที่ระดับร้อยละ 5 หม่อนผงสามารถละลายน้ำได้ร้อยละ 44.56±2.03 และจะละลายได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน

ในส่วนผสม เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินละลายน้ำได้ดี พรรณจิรา (2545) ได้ศึกษาการละลายของน้ำมะเขือเทศผง พบว่ามีการละลายเท่ากับ 97.90±0.04 ซึ่งสูงกว่าหม่อนผง เนื่องจากหม่อนบดที่นำมาผลิตหม่อนผงมีส่วนผสมที่เป็นทั้งส่วนน้ำและกากที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อนำมาบดรวมกันจึงมีส่วนที่ไม่ละลายอยู่สูง

จากการทดสอบการดูดความชื้นกลับโดยการวางทิ้งไว้ข้ามคืนในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์คงที่ พบว่าหม่อนผงที่ได้มีการดูดความชื้นกลับเล็กน้อย โดยเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานานจะมีการเกาะตัวกันเป็นก้อน แต่หากเขย่าให้แตกตัว ก็จะกลายเป็นผงเช่นเดิมยกเว้นที่ระดับร้อยละ 20 ไม่พบการเกาะกันเป็นก้อน (ตารางที่ 4.3)

จากข้อมูลข้างต้น การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสมเป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นระดับที่น้อยที่สุดที่จะทำให้ผงหม่อนที่ได้มีลักษณะเป็นผงที่สามารถยอมรับได้ หากเพิ่มปริมาณของมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสมจะทำให้สัดส่วนของหม่อนในส่วนผสมลดลงจึงทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ในหม่อนผงลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.3 คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ทำการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินระดับต่างๆ จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด อุณหภูมิ 70°ซ

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในหม่อนบด (ร้อยละ)				
	0	5	10	15	20
ระหว่างการอบแห้ง					
- ปริมาณเริ่มต้น (กรัม)	300	300	300	300	300
- ความชื้นของส่วนผสมเริ่มต้น (ร้อยละ)	67.28 ± 1.30	63.68 ± 0.64	60.45 ± 0.91	55.09 ±1.23	52.35 ± 1.31
- น้ำหนักผงหม่อนที่ได้ (กรัม)	46.43 ± 3.02	56.76 ± 2.22	57.13 ± 2.80	55.47 ± 3.48	54.30 ± 1.23
- ร้อยละของผงหม่อนที่ได้	15.47 ± 1.00	18.92 ± 0.75	19.04 ± 0.93	18.46 ± 1.16	18.10 ± 0.41
- ระยะเวลาที่อบ (ชั่วโมง)	9.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00
- ลักษณะของหม่อนหลังการอบแห้งที่สังเกตได้	เหนียวติดกัน บดไม่เป็นผง	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้
- ลักษณะที่สังเกตได้หลังการตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน	ไม่ได้ทำการวิเคราะห์	มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	ไม่มีการเกาะกันเป็นก้อน
คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ 1/					
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$24.91^{c} \pm 0.83$	$22.42^{d} \pm 0.93$	$17.91^{c} \pm 0.94$	$16.22^{b} \pm 0.50$	$13.24^{a} \pm 0.17$
- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	$0.28^{a} \pm 0.00$	$0.32^{b} \pm 0.00$	$0.34^{c} \pm 0.01$	$0.36^{d} \pm 0.01$	$0.38^{e} \pm 0.00$
- การดูดความชื้นกลับ (ร้อยละ)	$11.43^{c} \pm 0.37$	$9.96^{d} \pm 0.16$	$8.63^{c} \pm 0.59$	$7.97^{b} \pm 0.21$	$7.34^{a} \pm 0.26$
- ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	$44.56^{d} \pm 2.03$	$46.37^{cd} \pm 0.30$	$47.63^{c} \pm 2.17$	$49.78^{b} \pm 0.35$	$52.14^{a} \pm 1.49$
- ความสามารถในการไหลของผง (องศาของการกอง)	ไม่สามารถวัดได้	$47.00^{c} \pm 1.10$	$46.20^{bc} \pm 1.23$	$45.00^{b} \pm 1.13$	$43.70^{a} \pm 1.50$

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ชนิด และ ปริมาณที่เหมาะสมในการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

จากการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์สำคัญในหม่อนผงที่มีการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้ง ชนิดสด และชนิดแห้ง ในระดับต่างๆโดยการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่าเมื่อพิจารณาจากชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เติมลงไป พบว่าการเสริมเกสรชนิดสดลงในหม่อนผงจะมีปริมาณของสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมด ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ในหม่อนผงมากกว่า เมื่อเทียบกับการเสริมเกสรชนิดแห้ง (ตารางที่ 4.4) โดยอาจเกิดจากการที่เกสรชนิดแห้งได้มีการผ่านการอบด้วยความร้อนสูงในขั้นตอนการทำให้แห้ง เมื่อนำมาผสมกับหม่อนแล้วอบอีกครั้งจึงทำให้สารออกฤทธิ์เกิดการสูญเสียไปในระหว่างการอบ จึงมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนต์คงเหลืออยู่น้อยกว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด

ตารางที่ 4.4 ผลของชนิดเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

คุณภาพของหม่อนผง [1/]	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เติม	
	เกสรชนิดสด	เกสรชนิดอบแห้ง
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	10.02 [b] ± 0.19	9.85 [a] ± 0.27
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)[ns]	0.31 ± 0.08	0.31± 0.08
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	813.93 [a] ± 89.98	622.04 [b] ± 54.41
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,481.40 [b] ± 374.11	1,512.00 [a] ± 435.80
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	10.13 [a] ± 1.44	4.52 [b] ± 0.11
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	15.65 [a] ± 4.87	3.51 [b] ± 0.20

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เมื่อพิจารณาจากปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เสริมในส่วนผสม พบว่า การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับต่ำ จะมีปริมาณสารออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับที่สูงขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ก็จะทำให้สารต้านอนุมูลอิสระในหม่อนผงมีค่าลดลง เนื่องจากในหม่อนบดมีปริมาณสารออกฤทธิ์สูงกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง เมื่อเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ปริมาณหม่อนก็จะลดลงจึงทำให้สารออกฤทธิ์มีปริมาณลดลงไปด้วย นอกจากนี้ความร้อนในการอบระหว่างกระบวนการผลิตและระยะเวลาในการอบก็มีส่วนทำให้สารออกฤทธิ์ในหม่อนผงมีปริมาณลดลง (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลของการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ [1/]	ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม (ร้อยละ)		
	5	10	15
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	9.94±0.14	9.89 ±0.28	9.98±0.11
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.32^{c}±0.00	0.31^{b}±0.00	0.29^{a}±0.00
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	800.27^{a}±19.95	713.78^{b}±11.32	639.91^{c}±8.92
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,986.90^{a}±87.71	1,378.60^{b}±61.28	1,123.70^{c}±32.90
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	7.78^{a}±0.26	6.77^{b}±0.68	5.91^{c}±0.84
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	17.34^{a}±0.35	10.30^{b}±0.22	8.03^{c}±0.17

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในเชิงปัจจัยร่วมพบว่า การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด และเติมในระดับต่ำจะได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สูง โดยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แห้ง เนื่องจากเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดได้รับการแปรรูป และ ผ่านความร้อนน้อยกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง จึงทำให้ยังคงปริมาณสารออกฤทธิ์ ไว้มากกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง และเมื่อเพิ่มปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้งจะทำให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนต์มีค่าลดลง ทั้งการเติมเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง เนื่องจากการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับต่ำจะทำให้มีปริมาณหม่อนในส่วนผสมอยู่มาก จึงทำให้มีสารออกฤทธิ์มาก เพราะหม่อนมีปริมาณสารออก

ฤทธิ์มากกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง ความร้อนในการอบ และระยะเวลาในการอบก็มีส่วนทำให้สารออกฤทธิ์ในหม่อนผงมีปริมาณลดลง เมื่ออบในอุณหภูมิต่ำก็จะใช้เวลาในการอบมากกว่าการอบที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการลดลงของปริมาณสารออกฤทธิ์ (ตารางที่ 4.6)

เนื่องจากเกสรดอกไม้จากผึ้งมีสารอาหารที่มีคุณค่าหลายชนิด เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เอนไซม์ แร่ธาตุต่างๆ และวิตามินในปริมาณสูง (Almeida *et al*, 2005) และเชื่อว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งมีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ในรูปแบบของอาหารเสริม นอกจากนี้ยังพบว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อผิวหนัง กระตุ้นเลือดให้ไปเลี้ยงเซลล์อย่างทั่วถึง และยังให้ความชุ่มชื่นต่อผิวหนังที่แห้ง (นิโลบล, 2551) หากนำไปเสริมในหม่อนผงก็จะทำให้เพิ่มประโยชน์แก่ผลิตภัณฑ์ แต่การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งจะทำให้ความเข้มข้นของสารแอนติออกซิแดนต์ในผงหม่อนลดลง ดังนั้นจึงเลือกเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดที่ระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสม เนื่องจากเป็นชนิด และปริมาณที่เหมาะสม การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในปริมาณมากที่มากขึ้น จะทำให้ปริมาณของสารแอนติออกซิแดนต์ในหม่อนผงลดลง

4.2.3 อุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม

จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ก่อนเริ่มศึกษาผู้วิจัยได้ทดลองอบที่ 40 และ 50°ซ พบว่าใช้เวลาในการอบนานซึ่งไม่คุ้มค่าในการผลิต จึงเลือกศึกษาที่ระดับความร้อน 3 ระดับคือ 60, 70, 80°ซ จากการศึกษา พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบ จะทำให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ มีค่าลดลง (ตารางที่ 4.7) เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระสลายตัว ส่วนปริมาณสารแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของญานี (2552) โดยได้ทำการศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง พบว่าปริมาณของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบ เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้ตัวอย่างมีสีในเฉดสีแดงเข้มขึ้น

พบว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60°ซ มีปริมาณสารออกฤทธิ์คงเหลืออยู่สูงที่สุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 1,113.69$\pm$16.51 ไมโครกรัมต่อกรัม สารแอนโทไซยานินทั้งหมด 1,364.56$\pm$4.07 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 12.14$\pm$0.07 และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 22.48$\pm$0.44 เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการอบ เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการอบ จะทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับการวิจัยของ Alasalvar *et al.* (2004) พบว่าการพาสเจอร์ไรส์น้ำแครอทม่วงที่อุณหภูมิ

90°ซ มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และสารแอนโทไซยานินเหลือน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้อุณหภูมิ 70 และ 80°ซ

ตารางที่ 4.6 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิด และ ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ [1/]	ปัจจัยร่วมระหว่างชนิด และ ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง					
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด			เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)[ns]	9.89 ± 0.23	10.16 ± 0.24	10.02 ± 0.22	9.98 ± 0.04	9.82 ± 0.42	9.77 ± 0.27
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.32^{c} ± 0.00	0.31^{b} ± 0.00	0.30^{a} ± 0.00	0.31^{c} ± 0.00	0.31^{b} ± 0.00	0.30^{a} ± 0.00
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	921.44^{a} ± 9.49	804.32^{b} ± 13.51	716.04^{c} ± 16.29	679.10^{d} ± 12.19	623.24^{e} ± 16.22	563.78^{f} ± 13.51
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,884.66^{b} ± 21.28	1,475.69^{c} ± 5.90	1,083.76^{f} ± 17.71	2,089.14^{a} ±5.90	1,281.43^{d} ± 11.81	1,165.56^{e} ± 10.22
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	11.87^{a} ± 0.37	9.95^{b} ± 0.08	8.58^{c} ± 0.06	3.68^{d} ± 0.02	3.59^{d} ± 0.03	3.24^{e} ± 0.03
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	21.94^{a} ± 0.43	13.79^{b} ± 0.54	11.21^{d} ± 0.49	12.74^{c} ± 0.38	6.82^{e} ± 0.47	4.84^{f} ± 0.17

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

คุณภาพของผงหม่อนที่ได้ 1/	อุณหภูมิในการอบ (°ซ)		
	60	70	80
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (μg/g)	1,113.69^{a} ± 16.51	921.44^{b} ± 9.49	679.27^{c} ± 43.43
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (μg/g)	1,364.56^{c} ± 4.07	1,884.66^{b} ± 21.28	2,198.23^{a} ± 6.22
สารเคอร์ซีทิน (μg/g)	ND	ND	ND
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	12.14^{a} ± 0.07	11.87^{a} ± 0.37	8.48^{b} ± 0.22
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ(ร้อยละ)	22.48^{a} ± 0.44	21.94^{a} ± 0.43	14.39^{b} ± 1.15

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

4.3 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด

4.3.1 ปริมาณที่เหมาะสมในการเติมมอลโทเด็กซ์ทริน

เมื่อนำส่วนผสมที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินในระดับต่างๆ แล้วทำการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°ซ พบว่าตัวอย่างที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินมีลักษณะแห้ง และแข็งเป็นเกล็ด สามารถขูดและบดให้เป็นผงได้ ส่วนตัวอย่างที่ไม่ได้เติมมอลโทเด็กซ์ทริน พบว่าต้องใช้ระยะเวลานานในการอบ เนื่องจากมีปริมาณของแข็งในส่วนผสมน้อยกว่า เมื่ออบจนแห้งพบว่ามีลักษณะเหนียวติดกับถาดไม่สามารถบดให้เป็นผงได้ และการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสม เพียงพอที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง สามารถขูด และบดหม่อนให้เป็นผงได้ เช่นเดียวกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

เมื่อพิจารณาความสามารถในการไหลของผงโดยวิธีวัดมุมกองตามวิธีของ Carr (1965) (ภาคผนวก ข.1.5) พบว่า ผงหม่อนที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 5 และ 10 มีการไหลอยู่ในขั้นไหลได้จำกัด โดยมีมุมกองอยู่ในช่วงระดับ 45-55 องศา ตัวอย่างที่เติมมอลโทเด็กซ์ทรินระดับร้อยละ 15 มีการไหลอยู่ในขั้นไหลได้พอใช้ โดยมีมุมกองอยู่ในช่วงระดับ 35-45 และตัวอย่างที่ระดับร้อยละ 20 มีการไหลอยู่ในขั้นไหลได้ดี โดยองศาของการกองอยู่ในช่วงระดับน้อยกว่า 35

เมื่อนำหม่อนผงไปทดสอบการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสม จะทำให้หม่อนผงจะละลายน้ำได้มากขึ้น เนื่องจากหม่อนผงมีมอลโทเด็กซ์ทริน และน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ จึงสามารถละลายน้ำได้ และการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 5 หม่อนผงสามารถละลายน้ำได้ร้อยละ 44.00±1.44

จากการทดสอบการดูดความชื้นกลับโดยการวางทิ้งไว้ข้ามคืนในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์คงที่ พบว่าหม่อนผงที่ได้มีการดูดความชื้นกลับเล็กน้อย การเติมที่ระดับร้อยละ 5 มีการดูดความชื้นกลับร้อยละ 12.60±0.61 (ตารางที่ 4.8) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสมจะทำให้ตัวอย่างมีการดูดความชื้นกลับน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองผลิตน้ำเสาวรสผง โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสม จะทำให้น้ำเสาวรสผงมีการดูดความชื้นกลับน้อยลง การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินในน้ำเสาวรสร้อยละ 10 จะทำให้มีการดูดความชื้นกลับร้อยละ 32.78±0.47 และที่การเติมร้อยละ 12.5 จะทำให้มีการดูดความชื้นกลับร้อยละ 22.14±0.34 (Ruiz, 2009)

จากข้อมูลข้างต้น การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสมเป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นระดับที่น้อยที่สุดที่จะทำให้ผงหม่อนที่ได้มีลักษณะเป็นผงที่สามารถยอมรับได้ หากเพิ่มปริมาณของมอลโทเด็กซ์ทรินในส่วนผสมจะทำให้สัดส่วนของหม่อนในส่วนผสมลดลง จะทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ในหม่อนผงลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.8 คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ทำการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินระดับต่างๆ ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50°ซ

ลักษณะคุณภาพ [1/]	ปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในหม่อนบด (ร้อยละ)				
	0	5	10	15	20
ระหว่างการอบแห้ง					
- น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	300	300	300	300	300
- ความชื้นของส่วนผสมเริ่มต้น (ร้อยละ)	67.28 ± 1.30	63.68 ± 0.64	60.45 ± 0.91	55.09 ±1.23	52.35 ± 1.31
- น้ำหนักผงหม่อนที่ได้ (กรัม)	75.57 ± 3.87	73.72 ± 2.42	76.01 ± 1.46	75.49 ± 1.90	75.80 ± 1.02
- ร้อยละของผงหม่อนที่ได้	25.19 ± 1.09	24.57 ± 0.89	24.34 ± 0.49	25.17 ± 0.63	25.27 ± 0.34
- ระยะเวลาที่อบ (ชั่วโมง)	7.5 ± 0.00	7.0 ± 0.00	7.0 ± 0.00	7.0 ± 0.00	7.0 ± 0.00
- ลักษณะของหม่อนหลังการอบแห้งที่สังเกตได้	เหนียวติดกัน บดไม่เป็นผง	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้	เป็นเกล็ด สามารถบดเป็นผงได้
- ลักษณะที่สังเกตได้หลังการตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน		มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	มีการเกาะกันเป็นก้อนเล็กน้อย	ไม่มีการเกาะกันเป็นก้อน
คุณภาพของหม่อนหลังการอบแห้ง					
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$23.20^{d} \pm 1.54$	$18.22^{c} \pm 0.52$	$15.87^{b} \pm 0.72$	$13.62^{a} \pm 0.39$	$12.82^{a} \pm 0.57$
- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	$0.27^{a} \pm 0.00$	$0.28^{b} \pm 0.00$	$0.32^{c} \pm 0.00$	$0.36^{d} \pm 0.00$	$0.41^{e} \pm 0.00$
- การดูดความชื้นกลับ (ร้อยละ)	$12.06^{e} \pm 0.61$	$10.66^{d} \pm 0.18$	$8.72^{c} \pm 0.77$	$7.28^{b} \pm 0.20$	$6.32^{a} \pm 0.19$
- ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	$44.00^{d} \pm 1.44$	$47.08^{c} \pm 0.46$	$48.75^{b} \pm 0.98$	$49.58^{b} \pm 0.47$	$51.82^{a} \pm 1.27$
- ความสามารถในการไหลของผง (องศาของการกอง)	ไม่สามารถวัดได้	$45.80^{c} \pm 1.39$	$45.20^{c} \pm 3.90$	$38.40^{b} \pm 2.17$	$34.20^{a} \pm 2.79$

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.3.2 ชนิด วิธีการเติม และ ปริมาณการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์สำคัญในหม่อนผงที่มีการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้ง ชนิดสด และชนิดแห้ง ในระดับต่างๆโดยการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่าเมื่อพิจารณาจากชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เติมลงไป พบว่าการเสริมเกสรชนิดสดลงในหม่อนผงจะมีปริมาณของสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมด ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ในหม่อนผงมากกว่า เมื่อเทียบกับการเสริมเกสรชนิดแห้ง (ตารางที่ 4.9) โดยอาจเกิดจากการที่เกสรชนิดแห้งได้มีการผ่านการอบด้วยความร้อนสูงในขั้นตอนการทำให้แห้ง เมื่อนำมาผสมกับหม่อนแล้วอบอีกครั้งจึงทำให้สารออกฤทธิ์เกิดการสูญเสียไปในระหว่างการอบ จึงมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนต์คงเหลืออยู่น้อยกว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งแบบสด

ตารางที่ 4.9 ผลของการเติมชนิดเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด

คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ 1/	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้ง	
	สด	แห้ง
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$9.80^{a} \pm 0.20$	$15.38^{b} \pm 1.69$
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	$0.29^{a} \pm 0.01$	$0.33^{b} \pm 0.03$
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	$1{,}190.80^{a} \pm 92.63$	$881.20^{b} \pm 184.16$
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	$1{,}409.70^{a} \pm 314.06$	$1{,}394.90^{b} \pm 457.67$
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	$10.53^{a} \pm 1.65$	$4.52^{b} \pm 0.11$
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	$17.09^{a} \pm 5.06$	$8.05^{b} \pm 2.16$

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เสริมในส่วนผสม พบว่า หม่อนผงที่เสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับต่ำ จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ในปริมาณสูง รวมถึงมีค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลในระดับสูงกว่า และเมื่อเพิ่มปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ก็จะทำให้สารต้านอนุมูลอิสระในหม่อนผงมีค่าลดลง เนื่องจากในหม่อนบดมีปริมาณสารออกฤทธิ์สูงกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง เมื่อเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ปริมาณหม่อนก็จะลดลงจึงทำให้สารออกฤทธิ์มีปริมาณ

ลดลงไปด้วย นอกจากนี้ความร้อนในการอบระหว่างกระบวนการผลิตและระยะเวลาในการอบก็มีส่วนทำให้สารออกฤทธิ์ในหม่อนผงมีปริมาณลดลง (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ผลของการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด

คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ 1/	ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม (ร้อยละ)		
	5	10	15
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	13.42^{b}±0.14	12.73^{b}±0.08	11.63^{a}±0.11
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.30^{a}±0.00	0.31^{a}±0.00	0.32^{b}±0.00
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	1,142.20^{a}±31.05	1,045.80^{b}±35.27	920.09^{c}±16.39
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,895.40^{a}±20.64	1,271.80^{b}±84.56	1,039.60^{c}±60.46
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	8.59^{a}±0.26	7.37^{b}±0.19	6.61^{c}±0.07
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	16.96^{a}±0.03	11.81^{b}±0.08	8.95^{c}±0.11

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาในเชิงปัจจัยร่วมระหว่างชนิด และ ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด พบว่า การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด และเติมในระดับต่ำจะได้หม่อนผงที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ในปริมาณสูง รวมถึงมีค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูล ในระดับสูงโดยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดได้รับการแปรรูป และ ผ่านความร้อนน้อยกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง จึงทำให้ยังคงปริมาณสารออกฤทธิ์ ไว้มากกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง และเมื่อเพิ่มปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้งจะทำให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนต์มีค่าลดลง ทั้งการเติมเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง เนื่องจากการเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับต่ำจะทำให้มีปริมาณหม่อนในส่วนผสมอยู่มาก จึงทำให้มีสารออกฤทธิ์มาก เพราะหม่อนมีปริมาณสารออกฤทธิ์มากกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง ความร้อนในการอบ และระยะเวลาในการอบก็มีส่วนทำให้สารออกฤทธิ์ในหม่อนผงมีปริมาณลดลง เมื่ออบในอุณหภูมิต่ำก็จะใช้เวลาในการอบมากกว่าการอบที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการลดลงของปริมาณสารออกฤทธิ์ (ตารางที่ 4.11)

ถึงแม้ว่าถ้าเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งมากเพิ่มขึ้น แนวโน้มของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง แต่ในเกสรดอกไม้จากผึ้งมีสารอาหารอื่นที่มีคุณค่าอยู่หลายชนิด ดังนั้นปริมาณที่น่าจะเติมลงไปได้ในหม่อนผง คือร้อยละ 5 ของส่วนผสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้การเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับร้อยละ 5 ของส่วนผสม เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.11 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิด และ ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด

คุณภาพของหม่อนผงที่ได้ 1/	ปัจจัยร่วมระหว่างชนิด และ ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง					
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด			เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดแห้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$9.94^{ab} \pm 0.11$	$9.77^{ab} \pm 0.29$	$9.71^{a} \pm 0.18$	$10.18^{b} \pm 0.35$	$10.02^{ab} \pm 0.15$	$9.70^{a} \pm 0.22$
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	$0.30^{d} \pm 0.00$	$0.29^{b} \pm 0.00$	$0.28^{a} \pm 0.00$	$0.31^{c} \pm 0.00$	$0.29^{b} \pm 0.00$	$0.28^{a} \pm 0.00$
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	$1,257.48^{a} \pm 12.19$	$1,246.67^{a} \pm 13.87$	$1,068.29^{b} \pm 10.92$	$1,026.85^{c} \pm 4.13$	$844.86^{d} \pm 10.81$	$771.89^{e} \pm 13.51$
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	$1,797.29^{b} \pm 31.05$	$1,349.99^{c} \pm 35.27$	$1,081.70^{e} \pm 16.39$	$1,993.48^{a} \pm 23.01$	$1,193.65^{d} \pm 16.15$	$997.45^{f} \pm 43.78$
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	$12.57^{a} \pm 0.19$	$10.18^{b} \pm 0.24$	$8.83^{c} \pm 0.14$	$4.61^{d} \pm 0.06$	$4.57^{d} \pm 0.01$	$4.39^{d} \pm 0.03$
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	$23.67^{a} \pm 0.36$	$15.08^{b} \pm 0.34$	$12.54^{c} \pm 0.13$	$10.24^{d} \pm 0.36$	$8.53^{e} \pm 0.33$	$5.37^{f} \pm 0.33$

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 อุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม

จากการทดลองผลิตหม่อนผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงในการอบ ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูญเสียไปกับความร้อน จึงได้มีแนวคิดที่จะผลิตหม่อนผงโดยวิธีที่ใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยนำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด ที่ระดับความร้อน 3 ระดับคือ 40, 50 และ 60°ซ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบ จะทำให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ มีค่าลดลง

โดยระดับอุณหภูมิที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์คงเหลือสูงที่สุดคือ การอบที่อุณหภูมิ 40°ซ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2,194±21 ไมโครกรัมต่อกรัม ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 33.15±0.26 และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 16.88±0.46 (ตารางที่ 4.12) เนื่องจากที่อุณหภูมิ 40°ซ เป็นอุณหภูมิระดับต่ำที่สุดที่ใช้ในการอบ และความร้อนมีผลทำให้ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระลดลง

ตารางที่ 4.12 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่อง อบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด

คุณภาพของผงหม่อนที่ได้ 1/	อุณหภูมิในการอบ (°ซ)		
	40	50	60
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	2,194.05^{a}±21.45	1,257.48^{b}±12.19	1,172.07^{c}±30.22
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,777.32^{a}±2.35	1,797.29^{a}±31.05	1,412.08^{b}±9.40
สารเคอร์ซีทิน (µg/g)	ND	ND	ND
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	16.88^{a}±0.46	12.57^{b}±0.19	12.53^{b}±0.04
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	33.15^{a}±0.26	23.67^{b}±0.36	22.77^{c}±0.26

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากการทดสอบผลของการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผง โดยการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดในระดับ ร้อยละ 5 ของส่วนผสม แล้วนำไปอบให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40°ซ พบว่า การเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งจะทำให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของหม่อนผงลดลง โดยอาจเกิดจากการที่ความร้อน และระยะเวลาในการอบที่นานมีผลทำให้ปริมาณของสารมีค่าลดลง ส่วนสาร แอนโทไซยานินทั้งหมด และ ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแคนต์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 การเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของหม่อนผงที่ผ่านการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40°ซ

คุณภาพของผงหม่อนที่ได้ 1/	ชนิดของการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง	
	เติม	ไม่เติม
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (μg/g)	2,194.05^{b}±21.45	2,510.81^{a}±47.30
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (μg/g)^{ns}	1,777.32±2.35	1,778.79±7.78
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแคนต์^{ns}	16.88±0.46	17.25±0.27
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ(ร้อยละ)	33.15^{b}±0.26	34.43^{a}±0.17

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

จากกรรมวิธีที่เหมาะสมของการอบทั้ง 2วิธี ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และ 3 คือการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่ 60°ซ และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศอินฟราเรดที่ 40°ซ ทำการอบอีกครั้ง เปรียบเทียบ และ เลือกผลิตภัณฑ์หม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เหมาะสมที่สุดจากกระบวนการผลิตทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 4.14) จากการเปรียบเทียบคุณภาพของหม่อนผงที่ได้จากการอบทั้งสองวิธีพบว่า หม่อนผงที่ได้จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศอินฟราเรดที่ 40°ซ มีปริมาณของสารออกฤทธิ์สูงกว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่ 60°ซ ดังนั้นการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศอินฟราเรดที่ 40°ซ จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการผลิตหม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง แม้ว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดลงไปในหม่อนผงจะทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในหม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งลดลง แต่เนื่องจากเกสรดอกไม้จากผึ้งมีสารอาหารที่มีคุณค่าหลายชนิด เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เอนไซม์ แร่ธาตุต่างๆ และวิตามินใน

ปริมาณสูง (Almeida-Muradian, 2005) และยังเป็นการนำของที่เหลือใช้จากการเกษตรกรผู้ทำสวนลำไย มาเพิ่มมูลค่า จึงเลือกที่จะเติมเกสรดอกไม้จากผึ้งที่ระดับ ร้อยละ 5 ซึ่งเป็นระดับที่มีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มากที่สุด

ตารางที่ 4.14 ชนิดของการอบแห้งต่อคุณภาพของหม่อนผง

คุณภาพของผงหม่อนที่ได้ 1/	รูปแบบของการอบ		
	เครื่องอบแห้งแบบถาดที่ 60°ซ	เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศอินฟราเรดที่ 40°ซ	เติมเกสรดอกไม้จากผึ้งร้อยละ 5 แล้วอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศอินฟราเรดที่ 40°ซ
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/g)	822.83^{c}±26.62	2,590.33^{a}±30.35	2,251.09^{b}±31.31
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/g)	1,352.65^{c}±9.62	1,760.73^{a}±11.41	1,685.23^{b}±8.54
ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	8.32^{c}±0.29	17.76^{a}±0.73	16.60^{b}±0.78
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	24.11^{c}±0.36	33.57^{a}±0.33	31.74^{b}±0.18
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)	48.76±0.05	12.26±0.05	13.32±0.04

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 การคงเหลือของสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆในขั้นตอนการผลิตหม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้ จากผึ้ง

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ	ผลหม่อนสุก (ดำทั้งผล)	หม่อนผง	หม่อนผงเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)			
ผลผลิต (w/w)	100.00	21.06	21.06
ความเข้มข้นของสาร (ไมโครกรัมต่อกรัม)	2,680.79	2,590.33	2,251.09
ปริมาณของสาร (ไมโครกรัม)	2,680.79	545.52	474.08
ปริมาณของสารเทียบในผลสด 100 กรัม (ร้อยละ)	100.00	20.35	17.68
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)			
ผลผลิต (w/w)	100.00	21.06	21.06
ความเข้มข้นของสาร (ไมโครกรัมต่อกรัม)	1,578.95	1,760.73	1,685.23
ปริมาณของสาร (ไมโครกรัม)	1,578.95	370.81	354.91
ปริมาณของสารเทียบในผลสด 100 กรัม (ร้อยละ)	100.00	23.48	22.48
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)			
ผลผลิต (w/w)	100.00	21.06	21.06
ความเข้มข้นของสาร (ไมโครกรัมต่อกรัม)	3.08	ND	ND
ปริมาณของสาร (ไมโครกรัม)	3.08	ND	ND
ปริมาณของสารเทียบในผลสด 100 กรัม (ร้อยละ)	100.00	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ตรวจไม่พบ