

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณภาพของผลหม่อนสุก น้ำหม่อนสกัด และเกสรดอกไม้จากผึ้ง

4.1.1 คุณภาพของผลหม่อนสุก

จากผลหม่อนสุก (คำทั้งผล) พันธุ์เชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในปี 2552 ผลสมให้เข้ากันก่อนการเก็บรักษาไว้ในห้องแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 32.72 ± 1.30 (ตารางที่ 4.1) และมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ $2,680.79 \pm 212.01$ ไมโครกรัมต่อกรัม สารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ $1,578.95 \pm 64.14$ ไมโครกรัมต่อกรัม ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์เท่ากับ 0.91 ± 0.01 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 13.86 ± 0.35 และสารเคอร์ซีทีนเท่ากับ 3.08 ไมโครกรัมต่อกรัม สงกรานต์ (2551) ได้ศึกษาคุณภาพของผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในปี 2550 พบว่าปริมาณความชื้นและกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระในงานวิจัยของ สงกรานต์ (2551) มีค่าที่สูงกว่า อาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบซึ่งมีการเก็บเกี่ยวในฤดูที่แตกต่างกัน ระยะเวลาในการสัมผัสกับแสงแดดและการเก็บรักษา รวมไปถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเตรียมตัวอย่าง มีผลทำให้คุณภาพของผลหม่อนสุกมีความแตกต่างกัน (Harborne and Williams, 2000)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีของผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่

คุณภาพทางเคมี	ผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	32.72 ± 1.30
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	67.28 ± 1.30
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	$2,680.79 \pm 212.01$
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	$1,578.95 \pm 64.14$
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์	0.91 ± 0.01
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	13.86 ± 0.35
สารเคอร์ซีทีน (ไมโครกรัมต่อกรัม)	3.08

4.1.2 คุณภาพของน้ำหมอนสกัด

จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมอนสกัดในปี 2552 (ปีที่วิจัย) พบว่าความขุ่นหนืดมีค่า 185.30 ± 1.61 เซนติพอยส์ (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่า ค่าสี L^* (Lightness) a^* (Redness/Greenness) b^* (Yellowness/Blueness) มีค่าเท่ากับ $(8.72 \pm 0.04 \ 12.48 \pm 0.04 \text{ และ } -8.63 \pm 0.04$ ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าน้ำหมอนสกัดมีสีแดงอมน้ำเงิน หรือสีม่วง ความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ที่ pH 4.10 แสดงให้เห็นว่าน้ำหมอนจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรด (acid food) เนื่องจากมี $\text{pH} < 4.5$ (ไพบูลย์, 2532) ซึ่งอาหารกลุ่มนี้จะปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ไม่ชอบสภาพที่เป็นกรด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Clostridium botulinum* ที่สามารถสร้างสารพิษ botulism ซึ่งมีพิษร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ (สถาบันอาหาร, 2547) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ โดยมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ สีทอง (2552) ศึกษาการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นโดยใช้เทคนิคการทำเข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหมอนเริ่มต้นเท่ากับ 16 องศาบริกซ์ เมื่อพิจารณากลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตออกซิแดนซ์ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และสารเคอร์ซีทิน มีปริมาณอยู่สูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมา (2552) ศึกษาการพัฒนาน้ำหมอนสกัดเข้มข้นโดยวิธีการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง พบสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวในน้ำหมอนเริ่มต้นที่สูงเช่นกัน ผลการสกัดน้ำหมอน พบว่าจากงานวิจัยได้ปริมาณน้ำหมอนร้อยละ 72.78 ± 0.00 ต่ำกว่าปริมาณน้ำหมอนจากงานวิจัยของปัทมา (2552) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบ และลักษณะของพืช รวมไปถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว

เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหมอนสกัด พบว่าผลหมอนสุกคัดเกรด 1 กิโลกรัม มีราคาซื้อขายเฉลี่ยเป็น 35 บาท ดังนั้นน้ำหมอนสกัด 1 กิโลกรัม มีราคา 52.81 บาท (ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำหมอนสกัดโดยวิธีใช้เอนไซม์เพคตินเอสรวมกับการบีบคั้น

ลักษณะคุณภาพ	น้ำหมอนสกัด
คุณภาพทางกายภาพ	
ความขุ่นหนืด (เซนติพอยส์)	185.30 ± 1.61
ค่าสี	
L^* (ความสว่าง)	8.72 ± 0.04
a^* (สีแดง/สีเขียว)	12.48 ± 0.04
b^* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-8.63 ± 0.04

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ	น้ำหม่อนสกัด
คุณภาพทางเคมี	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.10±0.00
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	1.33±0.20
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	14.00
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	11.50±0.06
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1,396.00±2.58
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	678.21±5.58
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์	7.60±0.01
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	8.97±0.76
สารเคอร์ซีทีน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	28.97±0.09
ผลการสกัดน้ำหม่อน	
ผลหม่อนสุกเริ่มต้น (ร้อยละ)	100.00
น้ำหม่อนสกัดที่ได้ (ร้อยละ)	72.78
กากหม่อนที่ได้ (ร้อยละ)	24.50
การสูญเสียระหว่างการผลิต (ร้อยละ)	2.72

4.1.3 คุณภาพของเกสรดอกไม้จากผึ้ง

จากการวิเคราะห์คุณภาพของเกสรดอกไม้จากผึ้ง สองชนิดคือ ชนิดสดและชนิดแห้ง เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพ ในด้านค่าสี L^* , a^* และ b^* พบว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งทั้งสองชนิดมีสีเหลืองอมแดง เกสรชนิดสดมีความชื้นร้อยละ 37.52 ± 0.34 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) เท่ากับ 0.72 เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 26.40 ± 0.05 สารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ $2,800.10 \pm 4.65$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์เท่ากับ 22.29 ± 1.23 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 1.18 ± 0.03 และสารเคอร์ซีทีนเท่ากับ 198.36 ± 18.15 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนเกสรชนิดแห้งมีความชื้นร้อยละ 16.60 ± 0.51 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) เท่ากับ 0.28 เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 29.00 ± 0.05 สารประกอบฟีนอลเท่ากับ $1,860.39 \pm 5.65$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์เท่ากับ 32.66 ± 0.83 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 6.65 ± 0.04 และสารเคอร์ซีทีนเท่ากับ 178.35 ± 3.38 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยไม่พบสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในเกสรทั้งสองชนิด (ตารางที่ 4.3)

เมื่อเปรียบเทียบความชื้นพบว่าเกสรดอกไม้จากฝิ่งชนิดสดมีความชื้นสูงกว่าเกสรดอกไม้จากฝิ่งชนิดอบแห้ง เนื่องจากเกสรดอกไม้จากฝิ่งสูญเสียปริมาณความชื้นไปในระหว่างการอบแห้ง จึงทำให้มีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเกสรดอกไม้จากฝิ่งทั้งสองชนิด พบว่าในเกสรชนิดสดมีปริมาณสูงกว่าเกสรชนิดแห้ง อาจเป็นผลมาจากเกสรชนิดแห้งได้ผ่านการอบที่อุณหภูมิสูง ทำให้ให้สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อการสลายตัวด้วยความร้อน สูญสลายไปในระหว่างการผลิตจึงทำให้มีปริมาณที่ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาดัชนีสารแอนติออกซิเดนต์และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่าเกสรชนิดแห้งมีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าเกสรชนิดสด เนื่องจากความเข้มข้นของสารเมื่ออยู่ในรูปของน้ำหนักแห้งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าเกสรชนิดสด จึงทำให้มีค่าของสารดังกล่าวในปริมาณที่สูง

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเกสรดอกไม้จากฝิ่งชนิดสดและเกสรดอกไม้จากฝิ่งชนิดอบแห้ง

ลักษณะคุณภาพ	เกสรดอกไม้จากฝิ่ง ชนิดสด	เกสรดอกไม้จากฝิ่ง ชนิดอบแห้ง
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี		
L* (ความสว่าง)	65.39±0.11	70.69±0.01
a* (สีแดง/สีเขียว)	11.05±0.03	3.94±0.01
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	55.47±0.04	31.2±0.04
คุณภาพทางเคมี		
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	1.68±0.38	1.68±0.38
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	64.48±0.34	83.40±0.51
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	37.52±0.34	16.60±0.51
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)	0.72	0.28
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	26.40±0.05	29.00±0.05
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	2,800.10±4.65	1,860.39±5.65
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ND	ND
ดัชนีสารแอนติออกซิเดนต์	22.29±1.23	32.66±0.83
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	1.18±0.03	6.65±0.04
สารเคอร์ซีทีน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	198.36±18.15	178.35±3.38

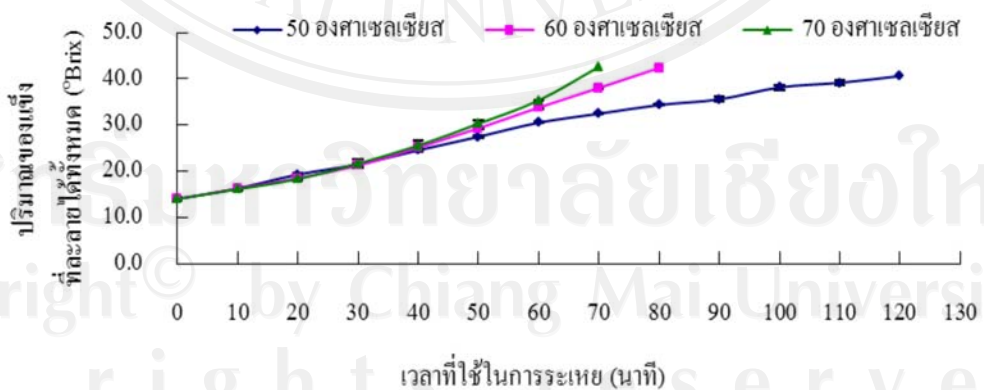
หมายเหตุ: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

4.2 สถานะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นสองกระบวนการ

4.2.1 สถานะการทำให้เข้มข้นโดยกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศ

จากกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศ ที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 3 ระดับคือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เมื่อสุ่มตัวอย่างน้ำหมอนสกัดเข้มข้น ตรวจวัดทุกๆ 10 นาที พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพบว่าหากมีการใช้ อุณหภูมิที่ต่ำจะมีการใช้ระยะเวลาในการระเหยนานกว่าการใช้อุณหภูมิที่สูง (รูปที่ 4.1)

จากการใช้ทรัพยากรในการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น โดยเทคนิคการระเหยภายใต้สุญญากาศ เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยพบว่า การ ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 50 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการระเหยมากที่สุด (120 นาที) (ตารางที่ 4.4) รองลงมาคือ การ ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา (75 และ 65 นาที ตามลำดับ) โดยพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการระเหยสั้นลง ส่วนการ ควบคุม อุณหภูมิของหม้อระเหย 70 องศาเซลเซียสมีต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ 10.90 บาทรองลงมา คือ การควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิต (คิดเฉพาะค่าน้ำหมอนสกัด ไฟฟ้า และน้ำหล่อเย็น) เมื่อ ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 องศา เซลเซียส มีค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตต่ำที่สุด 197.78 บาท/กิโลกรัม และรองลงมาคือ การควบคุม อุณหภูมิของหม้อระเหย 70 และ 50 องศาเซลเซียส (198.32 และ 206.91 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ)



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการระเหยภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 การใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน

การใช้ทรัพยากรและต้นทุนในการผลิต	อุณหภูมิของหม้อระเหย (องศาเซลเซียส)		
	50	60	70
สภาวะการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น			
ความดันในการระเหย (บาร์)	-0.93	-0.93	-0.93
ระยะเวลาในการระเหย (นาที)	120.00	75.00	65.00
การใช้ทรัพยากรและผลผลิตที่ได้			
น้ำหมอนเริ่มต้น (กิโลกรัม)	2.00	2.00	2.00
ไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	5.57±0.12	3.48±0.09	3.02±0.18
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (ลิตร)	49.00	49.00	49.00
น้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (กิโลกรัม)	0.61±0.27	0.60±0.27	0.59±0.27
ผลผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	30.30±0.27	29.80±0.27	29.30±0.27
ค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหมอนเข้มข้น			
น้ำหมอนสกัด (บาท)	105.62	105.62	105.62
ไฟฟ้า (บาท)	20.11	12.56	10.90
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (บาท)	0.49	0.49	0.49
รวม (บาท)	126.22	118.67	117.01
ค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหมอนสกัด	206.91	197.78	198.32
เข้มข้น คิดเฉพาะค่าน้ำหมอน ไฟฟ้า และหล่อเย็น (บาท/กิโลกรัม)			

เมื่อนำน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้จากกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศ ที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าความชื้นหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การระเหยภายใต้สุญญากาศ ที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 70 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นหนืดสูงสุด 589.12 ± 1.42 เซนติพอยส์ และการระเหยภายใต้สุญญากาศ ที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 50 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นหนืดต่ำสุด 387.80 ± 1.71 เซนติพอยส์ (ตารางที่ 4.5) โดยพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นค่าความชื้นหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิในการระเหยน้ำหมอนสกัดสูงขึ้น สารประกอบเพคตินซึ่งเป็นคอลลอยด์ที่มีอยู่ในน้ำหมอน จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซอล (sol) มากขึ้น คืออนุภาคคอลลอยด์เป็นของแข็ง และตัวกลางเป็นของเหลว เมื่อปล่อยให้เย็นลงทำให้อนุภาคของคอลลอยด์เคลื่อนที่ได้ช้าลง ช่วยให้โมเลกุลที่อยู่ใกล้กันเกาะกัน ทำให้มีความชื้นหนืดเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2549) ส่วนค่าความสว่างของสี L^* และ ค่าความเป็นสีแดง a^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นน้ำหมอนสกัดเข้มข้นมีค่าความสว่างของสีเพิ่มขึ้น โดยแสดงลักษณะสีที่จางลง ส่วนค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำเข้มข้นที่สูงขึ้น

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ความเป็นกรด -ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างซึ่งสอดคล้องกับความต้องการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นให้มีความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้น้ำตาลรีดิวซ์เกิดการสลายตัวจึงทำให้มีปริมาณที่ลดลง (นิธิยา, 2549)

เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่าแต่ละสภาวะในการผลิตน้ำหมอนเข้มข้นพร้อมดื่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการระเหยจะทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ Alasavar *et al.* (2004) ได้รายงานว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ของการพาสเจอร์ไรส์น้ำแครอทม่วง มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และสารแอนโทไซยานินเหลือน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยแนวโน้มการเสื่อมสลายของสารต้านอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (Nicoli *et al.*, 1999) ส่วนสารเคอร์ซีทิน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้อุณหภูมิในการระเหย 70 องศาเซลเซียส อาจเป็นผลมาจากความร้อนไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์

β -glucosidase ซึ่งใช้สาร quercetin glycoside เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนแปลงเป็นสาร quercetin aglycons (Dominic, 1995) เป็นผลทำให้สารเคอร์ซีทีนที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่ได้ พบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้น้ำเข้มข้นบางส่วนมีการไหม้และติดค้างตามส่วนต่างๆ ของเครื่องระเหย

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น โดยกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี และความขุ่นหนืด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) พบว่าสถานะที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบมากที่สุดคือ น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 6.92 ± 1.29 รสเปรี้ยวเท่ากับ 6.22 ± 1.87 รสหวานเท่ากับ 5.94 ± 1.74 ความกลมกล่อมเท่ากับ 6.38 ± 1.51 และความชอบรวมเท่ากับ 7.00 ± 1.26 (ตารางที่ 4.6) รองลงมาคือน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 50 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

จากการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น โดยกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่แตกต่างกัน 3 สถานะ พบว่าการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 องศาเซลเซียส เป็นสถานะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น โดยมีค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตต่ำสุด 197.78 บาท/กิโลกรัม ผลผลิตที่ได้สูงร้อยละ 29.80 ± 0.27 ผลิตรั้วที่ได้อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $2,514.83 \pm 2.71$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด $2,274.95 \pm 5.58$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ 19.40 ± 0.50 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 24.39 ± 2.22 สารเคอร์ซีทีนเท่ากับ 28.88 ± 0.30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง 7.00 ± 1.26

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ ¹	อุณหภูมิของหม้อระเหย (องศาเซลเซียส)		
	50	60	70
คุณภาพทางกายภาพ			
ความขุ่นหนืด (เซนติพอยต์)	387.80 ^c ±1.71	466.44 ^b ±1.96	589.12 ^a ±1.42
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	10.85 ^b ±0.08	10.88 ^b ±0.04	11.11 ^a ±0.14
a* (สีแดง/สีเขียว)	13.08 ^a ±0.06	12.73 ^b ±0.08	12.26 ^c ±0.32
b* ^{ns} (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-8.04±0.02	-8.23±0.05	-8.14±0.18
คุณภาพทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.90	3.90	3.90
ปริมาณกรดทั้งหมด ^{ns} (ร้อยละ)	3.64±0.19	3.71±0.19	3.71±0.19
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (องศาบริกซ์)	39.54±0.05	39.44±0.05	39.52±0.04
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	35.95 ^a ±0.12	33.97 ^b ±0.20	32.96 ^c ±0.24
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	2,535.32 ^a ±2.96	2,514.83 ^b ±2.71	2,380.78 ^c ±2.98
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	2,501.02 ^a ±5.58	2,274.95 ^b ±5.58	2,144.60 ^c ±5.58
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	20.07 ^a ±0.43	19.40 ^b ±0.50	19.25 ^c ±0.16
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	24.78 ^a ±0.69	24.39 ^b ±2.22	22.09 ^c ±0.34
สารเคอร์ซีทิน ^{ns} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	28.88±0.30	28.88±0.30	28.96±0.50
ปริมาณระหว่างการระเหย			
น้ำหม่อนเริ่มต้น ^{ns} (ร้อยละ)	100.00	100.00	100.00
น้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	30.30 ^a ±0.27	29.80 ^b ±0.27	29.30 ^c ±0.27
น้ำที่กำจัดออกไป (ร้อยละ)	61.70 ^c ±0.27	62.00 ^b ±0.00	62.20 ^a ±0.27
การสูญเสียระหว่างการผลิต (ร้อยละ)	8.00 ^b ±0.00	8.20 ^b ±0.27	8.50 ^a ±0.00

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส ¹	อุณหภูมิของหม้อระเหย (องศาเซลเซียส)		
	50	60	70
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.30±1.36	7.28±1.23	7.46±1.03
สี ^{ns}	7.16±1.27	7.32±1.22	7.40±1.05
กลิ่น	7.04 ^a ±1.14	6.92 ^a ±1.29	6.56 ^b ±1.43
รสเปรี้ยว	5.72 ^b ±1.85	6.22 ^a ±1.87	5.10 ^c ±2.08
รสหวาน	5.50 ^{ab} ±1.85	5.94 ^a ±1.74	5.18 ^b ±1.78
ความกลมกล่อม	6.10 ^a ±1.56	6.38 ^a ±1.51	5.50 ^b ±1.49
ความขื่นหนืด ^{ns}	6.50±1.46	6.68±1.25	6.30±1.43
ความชอบรวม	6.56 ^b ±1.50	7.00 ^a ±1.26	6.04 ^c ±1.44

หมายเหตุ : ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.2 สถานะการทำให้เข้มข้นโดยกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง

จากน้ำหมอนเข้มข้นที่ได้ ซึ่งผ่านการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง ที่ควบคุมความดันไอน้ำ ที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 3 ระดับคือ 1.0 1.4 และ 1.8 บาร์ เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยพบว่าการควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.0 บาร์ ใช้ระยะเวลาในการระเหยมากที่สุด 45 นาที รองลงมาคือ การควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.4 และ 1.8 บาร์ โดยใช้ระยะเวลา (40 และ 35 นาที ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.7) พบว่าเมื่อใช้ความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย สูงขึ้น จะทำให้ระยะเวลาในการระเหยสั้นลง ส่วนค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิต (คิดเฉพาะค่าน้ำหมอนสกัด ไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น และน้ำมัน) พบว่า การควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.0 บาร์ มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 328.24 บาท/กิโลกรัม และรองลงมาคือ การควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.4 และ 1.8 บาร์ (367.44 และ 437.44 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ) ค่าใช้จ่ายที่สูงในเทคนิคการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางนั้น เป็นผลมาจากเครื่องระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางที่ใช้ในงานวิจัยเป็นเครื่องต้นแบบ โดยจำเป็นต้องใช้น้ำมันเพื่อเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำในปริมาณที่มาก ซึ่งน้ำมันมีราคาสูง จึงส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตที่สูง

เมื่อนำน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้จากกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางด้วยสถานะที่แตกต่างกัน 3 สถานะ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าความชื้นหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.8 บาร์ มีความชื้นหนืดสูงสุด 588.70 ± 1.10 เซนติพอยส์ รองลงมาคือ การควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.4 และ 1.0 (588.36 ± 1.27 และ 587.16 ± 1.02 เซนติพอยส์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.8) โดยพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นค่าความชื้นหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างของสี L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยจะแสดงลักษณะสีที่จางลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง a^* มีแนวโน้มของความเป็นสีแดงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีแนวโน้มลดลง

เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าค่าความเป็นกรด -ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.8) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการในการผลิตเพื่อให้ได้ความเข้มข้นใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการระเหย ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารประกอบแอนโทไซยานินทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตออกซิเจน และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่าแต่ละสถานะในการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการเพิ่ม

ความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหยจะทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวระหว่างการแปรรูปด้วยความร้อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Alasavar *et al.* (2004) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารแคโรทีนอยด์ ลดลงในระหว่างการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้ม และแครอทม่วง รวมไปถึงการศึกษาของ Brownmiller *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาถึงผลของกระบวนการแปรรูปที่มีต่อแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์จากบลูเบอร์รี่ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินลดลงจากเริ่มต้นประมาณร้อยละ 20 เมื่อใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาสารเคอร์ซีทีนตรวจไม่พบในทุกสภาวะการผลิต อาจเกิดจากการสลายตัวเนื่องจากความร้อนระหว่างการผลิต (เอื้องพลอย, 2552) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ พบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้น้ำเข้มข้นบางส่วนมีการไหม้และติดค้างตามส่วนต่างๆ ของเครื่องระเหย

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหมอนสกัดเข้มข้น โดยการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหยแตกต่างกัน ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี และความขุ่นหนืด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.9) พบว่าสภาวะที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบมากที่สุดคือ น้ำหมอนสกัดเข้มข้นควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.4 บาร์ โดยมีคะแนนในลักษณะคุณภาพด้านกลิ่นเท่ากับ 6.92 ± 1.37 รสเปรี้ยว 7.34 ± 1.21 รสหวาน 7.16 ± 1.33 ความกลมกล่อม 7.02 ± 1.42 และความชอบรวม 7.38 ± 1.28 รองลงมาคือหมอนสกัดเข้มข้นควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.0 และ 1.8 บาร์

จากการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นโดยกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ พบว่าการควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนท่อระเหย 1.4 บาร์ เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น โดยมีค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตต่ำ 367.44 บาท/กิโลกรัม ผลผลิตที่ได้สูงร้อยละ 31.27 ± 0.09 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี สารประกอบฟีนอลทั้งหมด $1,971.80\pm 1.07$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด $1,358.45\pm 5.58$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์ 8.66 ± 0.05 และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 18.35 ± 0.67 และมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง 7.38 ± 1.28

ตารางที่ 4.7 การใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตของน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางที่ระดับความดันไอน้ำแตกต่างกัน

การใช้ทรัพยากรและต้นทุนในการผลิต	ความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนที่ระเหย (บาร์)		
	1.0	1.4	1.8
สถานะการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น			
ระยะเวลาในการระเหย (นาที)	45.00	40.00	35.00
อุณหภูมิระหว่างการผลิต (องศาเซลเซียส)	117.00	121.00	125.00
การใช้ทรัพยากรและผลผลิตที่ได้			
น้ำหมอนสกัดเริ่มต้น (กิโลกรัม)	3.00	3.00	3.00
ไฟฟ้าที่ใช้ในปั๊มสุญญากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	0.11±0.08	0.10±0.11	0.08±0.09
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (ลิตร)	270.00	240.00	210.00
ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	5.01	6.14	8.20
ปริมาณน้ำควบแน่นจากไอน้ำที่ผ่าน steam tab (กรัม)	2,500.00±1.15	3,500.00±1.23	5,100.00±1.17
อุณหภูมิน้ำหมอนสกัดเข้มข้นสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	70.80±1.23	74.57±1.14	76.88±1.27
น้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (กิโลกรัม)	0.95±0.09	0.94±0.09	0.93±0.15
ผลผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	31.60±0.09	31.27±0.09	30.90±0.15
ต้นทุนในการสกัดน้ำหมอนสกัดเข้มข้น			
น้ำหมอนสกัด (บาท/กก.)	158.43	158.43	158.43
ไฟฟ้า (บาท)	0.40	0.36	0.29
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (บาท)	2.70	2.40	2.10
น้ำมัน (บาท)	150.30	184.20	246.00
รวม (บาท)	311.83	345.39	406.82
ค่าใช้จ่ายระหว่างการการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น	328.24	367.44	437.44
คิดเฉพาะค่าน้ำหมอนสกัด ไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น และน้ำมัน (บาท/กิโลกรัม)			

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางที่ระดับความดันไอน้ำแตกต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ ¹	ความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนต่อระเหย (บาร์)		
	1.0	1.4	1.8
คุณภาพทางกายภาพ			
ความชื้นแห้ง (เซนติพอยต์)	587.16 ^b ±1.02	588.36 ^b ±1.27	588.70 ^a ±1.10
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	14.66 ^b ±0.01	14.75 ^b ±0.03	15.25 ^a ±0.06
a* (สีแดง/สีเขียว)	10.43 ^a ±0.02	10.15 ^b ±0.01	6.65 ^c ±0.07
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-5.81 ^c ±0.05	-6.58 ^b ±0.02	-6.74 ^a ±0.01
คุณภาพทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.90	3.90	3.90
ปริมาณกรดทั้งหมด ^{ns} (ร้อยละ)	3.50±0.14	3.64±0.19	3.71±0.19
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (องศาบริกซ์)	39.72±0.08	39.76±0.05	39.68±0.04
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	33.88 ^a ±0.22	32.59 ^b ±0.18	30.88 ^c ±0.18
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1,979.61 ^a ±2.79	1,971.80 ^b ±1.07	1,961.27 ^c ±2.14
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1,613.03 ^a ±5.58	1,358.45 ^b ±5.58	1,030.55 ^c ±4.55
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์	8.84 ^a ±0.11	8.66 ^b ±0.05	8.44 ^c ±0.05
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	18.78 ^a ±0.74	18.35 ^b ±0.67	18.03 ^c ±0.59
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ND	ND	ND
ปริมาณระหว่างการระเหย			
น้ำหมอนสกัดเริ่มต้น ^{ns} (ร้อยละ)	100	100	100
น้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	31.60 ^a ±0.09	31.27 ^b ±0.09	30.90 ^c ±0.15
น้ำที่กำจัดออกไป (ร้อยละ)	52.33 ^c ±0.91	52.67 ^b ±1.49	53.00 ^a ±1.39
การสูญเสียระหว่างการผลิต ^{ns} (ร้อยละ)	16.07±0.90	16.07±1.50	16.10±1.51

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.9 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นจากกระบวนการระเหยแบบไหล เป็นฟิล์มบางที่ระดับความดันไอน้ำแตกต่างกัน

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส ¹	ความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนต่อระเหย (บาร์)		
	1.0	1.4	1.8
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.36±0.94	7.48±0.93	7.20±0.97
สี ^{ns}	7.42±0.95	7.22±0.95	7.26±0.90
กลิ่น	7.34 ^a ±1.24	6.92 ^b ±1.37	6.78 ^b ±1.15
ความเปรี้ยว	5.52 ^c ±1.82	7.34 ^a ±1.21	6.38 ^b ±1.44
ความหวาน	5.56 ^c ±2.09	7.16 ^a ±1.33	6.36 ^b ±1.57
ความกลมกล่อม	5.62 ^c ±1.99	7.02 ^a ±1.42	6.36 ^b ±1.38
ความขื่นหนืด ^{ns}	6.72±1.58	7.08±1.41	7.02±1.19
ความชอบรวม	6.04 ^c ±1.96	7.38 ^a ±1.28	6.66 ^b ±1.26

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.3 เปรียบเทียบน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากสถานะที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการ

จากการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสม 3 กระบวนการ คือ กระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศ (ควบคุมอุณหภูมิหรือระเหย 60 องศาเซลเซียส) กระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง (ควบคุมความดันไอน้ำที่ให้ความร้อนในส่วนที่ระเหย 1.4 บาร์) และ กระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง พบว่ากระบวนการการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางใช้ระยะเวลาในการทำให้เข้มข้นน้อยที่สุด 40 นาที รองลงมาคือกระบวนการการระเหยภายใต้สุญญากาศ และกระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง (75 และ 111 นาที ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.10) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำให้เข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการทำให้เข้มข้นสั้นลง เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น พบว่าการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง และการระเหยภายใต้สุญญากาศ มีปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 31.27 ± 0.09 และ 29.80 ± 0.27 ตามลำดับ) ส่วนกระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งให้ปริมาณผลผลิตต่ำที่สุดร้อยละ 21.00 ± 0.87 เนื่องจากมีน้ำเข้มข้นบางส่วนสูญเสียไปในขั้นตอนการเหวี่ยงแยกผลิตภัณฑ์น้ำแข็ง เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิต (คิดเฉพาะค่าน้ำหมอนสกัด ไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น และน้ำมัน) พบว่ากระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่มีค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตต่ำที่สุด 197.78 บาท/กิโลกรัม รองลงมาคือกระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง และกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง (257.96 และ 67.44 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ) พบว่าค่าใช้จ่ายที่สูงในกระบวนการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางนั้น เป็นผลมาจากเครื่องระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางเป็นเครื่องต้นแบบ โดยจำเป็นต้องใช้น้ำมันเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำในปริมาณมากซึ่งมีราคาที่สูง

เมื่อนำน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากสถานะที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการ ไปวิเคราะห์

คุณภาพทางกายภาพ พบว่าความขุ่นหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง มีค่าความขุ่นหนืดสูงสุด 587.16 ± 1.27 เซนติพอยส์ รองลงมาคือ การระเหยภายใต้สุญญากาศ และกระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง (466.44 ± 1.96 และ 431.56 ± 1.96 เซนติพอยส์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.11) โดยพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการระเหยที่สูงขึ้น ค่าความขุ่นหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการทำให้สารประกอบเพคตินในน้ำหมอนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซอลซึ่งเป็นอนุภาคของแข็งมากขึ้น จึงทำให้มีความขุ่นหนืดมากขึ้น (ปัทมา, 2552) ส่วนค่าความสว่างของสี L^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งมีความสว่างของสีมากที่สุด 15.52 ± 0.08 โดยแสดงลักษณะของสีที่จาง ส่วนการระเหยภายใต้สุญญากาศมีความสว่างของสีต่ำที่สุด 10.88 ± 0.04 โดยแสดงลักษณะของสีที่เข้ม ส่วนค่าความเป็นสีแดง a^* พบว่า การทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความเป็น

สีแดงต่ำสุด อาจเป็นผลมาจากในระหว่างขั้นตอนการแยกผลึกน้ำแข็งน้ำหมอนซึ่งมีสารสีแดง บางส่วนได้ติดไปกับผลึกน้ำแข็งจึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำ (ปีทมา , 2552) ซึ่งสอดคล้องกับ ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมีค่าที่ต่ำ ส่วนการระเหยภายใต้สุญญากาศมีค่าความเป็นสีแดง มากกว่าการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง อาจมีผลมาจากการระเหยภายใต้สุญญากาศใช้อุณหภูมิที่ ต่ำกว่าการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง ทำให้สารสีแดงถูกทำลายได้น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ Brownmiller *et al.* (2008) ได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำบลูเบอร์รี่ พบว่าเมื่อใช้ อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้น สารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารที่ให้สีแดงมีแนวโน้มลดลง

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าน้ำหมอนสกัดเข้มข้นจากสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละ กระบวนการ มีค่าความเป็นกรด -ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.11) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการในการผลิตเพื่อให้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันในทุกกระบวนการ เมื่อ พิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ สูงขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลง อาจเกิดจากน้ำตาลมีการสลายตัวเนื่องจากความร้อน (นิธิยา, 2549) แต่ในการทำเข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าที่ต่ำกว่า กระบวนการทำเข้มข้นโดยใช้ความร้อน อาจเป็นผลมาจากน้ำหมอนซึ่งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ บางส่วนติดไปกับผลึกน้ำแข็งในขั้นตอนการเหวี่ยงแยกผลึกน้ำแข็ง

เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด คัซนีสารแอนติ ออกซิแดนต์ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และสารเคอร์ซีทีน พบว่าแต่ละกระบวนการ ในการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยกระบวนการทำ เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอล คัซนีสารแอนติออกซิแดนต์ ความสามารถในการ กำจัดอนุมูลอิสระ และสารเคอร์ซีทีนสูงสุด ในส่วนของสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมี ปริมาณต่ำกว่าการระเหยภายใต้สุญญากาศ ถึงแม้ว่าวิธีการทำเข้มข้นแบบแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่ ไม่ได้ใช้ความร้อน แต่ในขั้นตอนการเหวี่ยงแยกผลึกน้ำแข็ง น้ำหมอนซึ่งมีสารแอนโทไซยานิน บางส่วนติดไปกับผลึกน้ำแข็ง จึงทำให้พบสารดังกล่าวในปริมาณที่ต่ำ (ปีทมา, 2552) สำหรับวิธีการ ระเหยภายใต้สุญญากาศ และการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง เมื่อพิจารณาปริมาณสารต้านอนุมูล อิสระ พบว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการระเหยจะทำให้ปริมาณสารในกลุ่มต้าน อนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ อนุพงศ์ และคณะ (2548) พบว่าการ ผลิตน้ำมะกึ่งพาสเจอร์ไรส์ ในสภาวะต่างๆ กันมีผลต่อสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และวิตามินซี โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อให้ความร้อนสูงเป็นระยะเวลาานาน และ เอื่องพลอย (2552) ได้มีการศึกษาการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มสายชูหมักจากผลหมอน พบว่าเมื่อใช้

อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่สูงขึ้น มีผลทำให้สารประกอบฟีนอล สารแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และฟลาโวนอยด์ในรูปเคอร์ซีทิน มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณน้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้ พบว่าการระเหยภายใต้สุญญากาศ และการระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบางมีปริมาณน้ำหม่อนเข้มข้นสูง แตกต่างกันอย่างเล็กน้อย

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสม 3 กระบวนการ พบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบในด้านสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง ($6.42 \pm 1.55 - 6.88 \pm 1.62$) (ตารางที่ 4.12) ส่วนความชอบในด้านสี กลิ่น รสเปรี้ยว รสหวาน ความกลมกล่อม ความขื่นหนืด และความชอบรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่การระเหยภายใต้สุญญากาศที่ควบคุมอุณหภูมิหม้อระเหย 60 ได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสเปรี้ยว รสหวาน ความกลมกล่อม ความขื่นหนืด และความชอบรวม เฉลี่ยสูงสุด (7.06 ± 1.13 6.68 ± 1.53 6.60 ± 1.50 6.70 ± 1.42 6.60 ± 1.51 6.80 ± 1.09 และ 6.88 ± 1.29 ตามลำดับ) ส่วนกระบวนการที่ได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุดในทุกๆ ด้านคือการทำเข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นพร้อมดื่มจากวิธีการนี้มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 3.73 ± 0.16 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปรี้ยว จึงทำให้มีคะแนนที่ต่ำ

จากการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่สภาวะที่เหมาะสม 3 กระบวนการ เมื่อใช้เกณฑ์พิจารณาด้าน ค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตต่ำ ผลผลิตที่ได้ ปริมาณสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระ และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูง พบว่าการระเหยภายใต้สุญญากาศ ที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 60 องศาเซลเซียส เป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น โดยมีค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตต่ำสุด 197.78 บาท/กิโลกรัม ผลผลิตที่ได้สูงร้อยละ 29.80 ± 0.27 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $2,514.83 \pm 2.71$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด $2,274.95 \pm 5.58$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 24.39 ± 2.22 และค่าดัชนีสารแอนติออกซิเดนต์ 19.40 ± 0.50 และมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย 6.88 ± 1.29

ตารางที่ 4.10 การใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตของน้ำหมอนสกัดเข้มข้น โดยสถานะที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการ

ลักษณะคุณภาพ	กระบวนการทำน้ำหมอนสกัดเข้มข้น		
	การแช่เยือกแข็ง	ระเหยภายใต้ สุญญากาศ	ระเหยแบบไหล เป็นฟิล์มบาง
สถานะการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น			
อุณหภูมิที่ใช้ในการทำเข้มข้น (องศาเซลเซียส)	-5.00	60.00	121.00
ความดันในการระเหย (บาร์)	-	-0.93	-
ความดันไอน้ำในการระเหย (บาร์)	-	-	1.40
ระยะเวลาในการทำให้เข้มข้น (นาที)	111.00	75.00	40.00
การใช้ทรัพยากรและผลผลิตที่ได้			
น้ำหมอนสกัดเริ่มต้น (กิโลกรัม)	10.00	2.00	3.00
ไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	3.77±0.74	3.48±0.09	0.10±0.11
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (ลิตร)	-	49.00	240.00
ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (กรัม)	-	-	3500.00±1.23
ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ (ลิตร)	-	-	6.14
น้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (กิโลกรัม)	2.10±0.87	0.60±0.27	0.94±0.09
ผลผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	21.00±0.87	29.80±0.27	31.27±0.09
ต้นทุนในการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น			
น้ำหมอนสกัด (บาท)	528.10	105.62	158.43
ไฟฟ้า (บาท)	13.61	12.56	0.36
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (บาท)	-	0.49	2.40
น้ำมัน (บาท)	-	-	184.2
รวม (บาท)	541.71	118.67	345.39
ค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้น คิดเฉพาะค่าน้ำหมอนสกัด ไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น และน้ำมัน (บาท/กิโลกรัม)	257.96	197.78	367.44

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีผลการทดลอง

ตารางที่ 4.11 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น โดยสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการ

ลักษณะคุณภาพ ¹	กระบวนการทำน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น		
	การแช่เยือกแข็ง	ระเหยภายใต้สุญญากาศ	ระเหยแบบไหลเป็นฟิล์มบาง
คุณภาพทางกายภาพ			
ความชื้นหนัก (เซนติพอยต์)	431.56 ^c ±1.96	466.44 ^b ±1.96	587.16 ^a ±1.27
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	15.52 ^a ±0.08	10.88 ^c ±0.04	14.75 ^b ±0.03
a* (สีแดง/สีเขียว)	10.43 ^c ±0.02	13.48 ^a ±0.03	12.73 ^b ±0.08
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-6.58 ^b ±0.02	-5.66 ^c ±0.02	-8.23 ^a ±0.05
คุณภาพทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.90	3.90	3.90
ปริมาณกรดทั้งหมด ^{ns} (ร้อยละ)	3.73±0.16	3.71±0.19	3.64±0.19
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (องศาบริกซ์)	39.57±0.04	39.44±0.05	39.76±0.05
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	31.08 ^c ±0.19	33.97 ^a ±0.20	32.59 ^b ±0.18
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด	3,193.88 ^a ±6.27	2,514.83 ^b ±2.71	1,971.80 ^c ±1.07
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	2,052.95 ^b ±5.58	2,274.95 ^a ±5.58	1,358.45 ^c ±5.58
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	22.19 ^a ±0.09	19.40 ^b ±0.50	8.66 ^c ±0.05
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	90.85 ^a ±0.01	24.39 ^b ±2.22	18.35 ^c ±0.67
สารเคอร์ซีทีน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	277.27 ^a ±0.21	28.88 ^b ±0.30	ND

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ ¹	กระบวนการทำน้ำหมอนสกัดเข้มข้น		
	การแช่เยือกแข็ง	ระเหยภายใต้ สุญญากาศ	ระเหยแบบไหล เป็นฟิล์มบาง
ปริมาณระหว่างการทำเข้มข้น			
น้ำหมอนสกัดเริ่มต้น ^{ns} (ร้อยละ)	100.00	100.00	100.00
ผลผลิตน้ำหมอนสกัดเข้มข้นที่ได้ (ร้อยละ)	21.00 ^c ±0.87	29.80 ^b ±0.27	31.27 ^a ±0.09
น้ำที่แยกออกไป (ร้อยละ)	64.00 ^a ±0.90	62.00 ^b ±0.00	52.67 ^c ±1.49
การสูญเสียระหว่างการผลิต (ร้อยละ)	15.00 ^b ±0.91	8.20 ^c ±0.27	16.07 ^a ±1.50

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.12 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหมอนสกัดเข้มข้น โดยสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการ

ลักษณะคุณภาพ ทางประสาทสัมผัส ¹	กระบวนการทำน้ำหมอนสกัดเข้มข้น		
	การทำเข้มข้นโดย การแช่เยือกแข็ง	ระเหยภายใต้ สุญญากาศ	ระเหยแบบไหล เป็นฟิล์มบาง
ลักษณะปรากฏ	7.06 ^a ±1.19	7.06 ^a ±1.13	6.76 ^b ±1.10
สี ^{ns}	6.88±1.62	6.66±1.49	6.42±1.55
กลิ่น	5.53 ^b ±1.76	6.68 ^a ±1.53	6.06 ^b ±1.71
รสเปรี้ยว	4.70 ^c ±1.67	6.60 ^a ±1.50	6.00 ^b ±1.62
รสหวาน	4.78 ^c ±1.50	6.70 ^a ±1.42	6.16 ^b ±1.43
ความกลมกล่อม	4.86 ^b ±1.64	6.60 ^a ±1.51	6.12 ^a ±1.49
ความขื่นหนืด	6.18 ^b ±1.41	6.80 ^a ±1.09	6.44 ^{ab} ±1.13
ความชอบรวม	5.32 ^c ±1.45	6.88 ^a ±1.29	6.18 ^b ±1.35

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.4 ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของเกสรดอกไม้จากผึ้งที่เสริมในผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนสกัดเข้มข้น

จากกระบวนการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น ที่มีการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด และ ชนิดอบแห้ง ในระดับต่างๆ ด้วยกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศที่ควบคุมอุณหภูมิหม้อระเหย 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิต (คิดเฉพาะค่าน้ำหม่อนสกัด ไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น และเกสรดอกไม้จากผึ้ง) น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด ร้อยละ 5 มีค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตต่ำที่สุด 200.39 บาท/กิโลกรัม ส่วนน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง ร้อยละ 10 มีค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตสูงที่สุด 218.00 บาท/กิโลกรัม (ตารางที่ 4.13) ค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากราคาเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งมีราคาที่สูงกว่าเกสรดอกไม้ชนิดสด

เมื่อพิจารณาแยกปัจจัยเดียวในเรื่องชนิดเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง พบว่าคุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าความขุ่นหนืดมีความแตกต่างกัน โดยการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งมีค่าความขุ่นหนืดสูงกว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด (ตารางที่ 4.14) อาจเป็นผลมาจากเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มากกว่า เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่เท่ากันของเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด เมื่อเสริมลงไปนน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นจึงทำให้มีค่าความขุ่นหนืดมากกว่า เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของสี L^* พบว่าน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่เสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสดมีลักษณะสีที่เข้มกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง ส่วนค่าสี a^* และ b^* ของการเสริมเกสรดอกไม้ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งทั้งสองชนิดในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น ทำให้มีสีแดงอมน้ำเงิน

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นหลังการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งทั้งสองชนิดมีค่าลดลงอาจเป็นผลมาจากในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นมีปริมาณค่าดังกล่าวสูงกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง เมื่อทำการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ปริมาณน้ำหม่อนเข้มข้นจะลดลง อาจทำให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มต่ำลง เมื่อพิจารณาสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น มีสารดังกล่าวมากกว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด อาจเกิดจากเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งได้ผ่านการทำแห้งมาก่อน ทำให้มีลักษณะเป็นเกร็ดแข็ง โดยสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากการแทรกผ่านของออกซิเจนในอากาศได้ระดับหนึ่ง ทำให้มีความคงตัวมากกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายในขั้นตอนการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง อาจสัมผัสกับอากาศ และแสงโดยตรง มีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มดังกล่าวเกิดการสลายตัว (Huang et al., 2005)

ตารางที่ 4.13 การใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้ง x ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง									
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด					เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง				
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	
สถานะการผลิตน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้นเสริม										
ความดันในการระเหย (บาร์)	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93
ระยะเวลาในการระเหย (นาที)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
การใช้ทรัพยากรและผลผลิตที่ได้										
น้ำหนักอ่อนเริ่มต้น (กิโลกรัม)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (ลิตร)	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00
น้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้นที่ได้ (กิโลกรัม)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ผลผลิตน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้นที่ได้ (ร้อยละ)	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80
ต้นทุนในการผลิตน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้น										
น้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้น (บาท)	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62	105.62
ไฟฟ้า (บาท)	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56
น้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (บาท)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
รวม (บาท)	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67	118.67
ต้นทุนการผลิตน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้นคิดเฉพาะค่าน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้น	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78	197.78
ไฟฟ้า และน้ำหล่อเย็น (บาท/กิโลกรัม)										
ต้นทุนน้ำหนักอ่อนสัปดาห์แรกขึ้น โดยคิดจากปริมาณที่ใช้ (บาท)	187.89	182.95	178.00	187.89	182.95	178.00	187.89	182.95	178.00	178.00

ตารางที่ 4.14 ผลของปัจจัยเดี่ยวที่เป็นชนิดเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น เสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

ลักษณะคุณภาพ ¹	เกสรดอกไม้จากผึ้ง	เกสรดอกไม้จากผึ้ง
	ชนิดสด	ชนิดอบแห้ง
คุณภาพทางกายภาพ		
ความชื้นหนืด (เซนติพอยส์)	537.78 ^b ±42.20	548.79 ^a ±41.24
ค่าสี		
L* (ความสว่าง)	12.76 ^b ±0.53	14.28 ^a ±0.70
a* ^{ns} (สีแดง/สีเขียว)	15.72±0.24	15.70±0.84
b* ^{ns} (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-6.41±0.15	-6.46±0.36
คุณภาพทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.75±0.06	3.77±0.05
ปริมาณกรดทั้งหมด ^{ns} (ร้อยละ)	4.69±0.26	4.67±0.39
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (องศาบริกซ์)	40.04±0.69	40.71±1.09
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	23.80 ^b ±2.58	24.81 ^a ±1.80
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิตร)	1,653.77 ^b ±151.67	1,761.71 ^a ±101.69
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิตร)	1,441.07 ^b ± 69.58	1,481.46 ^a ±89.57
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ ^{ns}	20.54±0.19	20.48±0.24
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	21.47 ^b ±1.86	22.34 ^a ±1.62

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญ (p≤0.05)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

เมื่อพิจารณาแยกปัจจัยเดียวในเรื่องปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของน้ำหม่อน สกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าค่าความขุ่นหนืด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณในการเสริม เกสรดอกไม้จากผึ้ง อาจเป็นผลมาจากเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด ในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หากมีการเสริมในปริมาณที่มาก อาจทำให้ความขุ่นหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วน ค่าความสว่างของสี L* พบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง เนื่องจากการเสริมปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับที่สูง ทำให้น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่เสริมเกสรดอกไม้ จากผึ้งมีสีที่เข้มขึ้น ส่วนค่าสี a* และ b* แสดงให้เห็นว่าน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่เสริมเกสรดอกไม้ ในทุกระดับ มีสีแดงอมน้ำเงิน (ตารางที่ 4.15)

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าค่าความเป็นกรด -ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญ ($p > 0.05$) พบว่าน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นหลังการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งมีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำลง อาจเป็นผลมาจากในเกสรดอกไม้จากผึ้งมีกรดหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ จึงมีผลต่อค่า ความเป็นกรด-ด่างดังกล่าว (Hannelie and Sue, 2006) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาล ริคิวิซ์ มีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณ ในการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง เนื่องจากในน้ำหม่อนสกัด เข้มข้นมีปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลริคิวิซ์สูงกว่าเกสรดอกไม้จากผึ้ง เมื่อทำการเสริม เกสรดอกไม้จากผึ้งในส่วนผสม ปริมาณน้ำหม่อนเข้มข้นจะลดลงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมด และ ปริมาณน้ำตาลริคิวิซ์มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมี การเพิ่มปริมาณในการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น เมื่อพิจารณา สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด คัซนีสารแอนติออกซิแดนต์ และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้ม ลดลงหากมีการเพิ่มปริมาณในการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น ซึ่งสอดคล้อง กับค่าความเป็นกรด -ด่าง มีแนวโน้มต่ำลง (ตารางที่ 4.15) เนื่องจากในเกสรดอกไม้จากผึ้งมีกรด หลายชนิดเป็นองค์ประกอบ กรดอาจไปทำลายโครงสร้างของสารต้านอนุมูลอิสระทำให้เสียสภาพ ไป (Su and Chien, 2007)

เมื่อพิจารณาในเชิงปัจจัยร่วมระหว่าง ชนิดและปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพ ของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง ในด้านค่าความขุ่นหนืด พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของเกสรดอกไม้จากผึ้ง ทั้งเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง ส่วนค่าความสว่างของสี L* พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง ทั้งชนิดสด และชนิดแห้ง เนื่องจากการเสริมปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งในระดับที่สูง ทำให้น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่เสริมเกสร ดอกไม้จากผึ้งมีสีที่เข้มขึ้น ส่วนค่าสี a* และ b* แสดงให้เห็นว่าน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่เสริมเกสร

ดอกไม้ในทุกระดับ ทั้งเกสรดอกไม้ชนิดสด และชนิดแห้งมีสีแดงอมน้ำเงิน เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของเกสรดอกไม้จากฝั้ว ทั้งเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง เนื่องจากในน้ำหมอนสกัดเข้มข้นมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าเกสรดอกไม้จากฝั้ว เมื่อทำการเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้วในส่วนผสม ปริมาณน้ำหมอนเข้มข้นจะลดลงทำให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มต่ำลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเกสรดอกไม้จากฝั้ว ทั้งเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณในการเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้วในน้ำหมอนสกัดเข้มข้น ทั้งชนิดสด และชนิดแห้ง พบว่าการเติมเกสรดอกไม้จากฝั้วชนิดแห้ง และเติมในระดับที่ต่ำจะมีสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระที่สูง อาจเป็นผลมาจากเกสรดอกไม้จากฝั้วชนิดสดสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าเกสรดอกไม้จากฝั้วชนิดอบแห้งซึ่งมีลักษณะเป็นเกร็ดแข็ง เนื่องจากเกสรดอกไม้จากฝั้วชนิดสดสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายในขั้นตอนการเสริม เกสรดอกไม้จากฝั้ว อาจสัมผัสกับอากาศ และแสงโดยตรง มีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มดังกล่าวเกิดการสลายตัว (Huang *et al.*, 2005)

และเมื่อเพิ่มปริมาณการเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้วจะทำให้สารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง ทั้งการเสริมเกสรชนิดสด และชนิดแห้ง (ตารางที่ 4.16) รวมไปถึงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำลง เมื่อทำการเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้ว โดยกรดที่มีอยู่ในเกสรดอกไม้จากฝั้ว อาจทำลายโครงสร้างของสารต้านอนุมูลอิสระทำให้เสถียรภาพไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Su and Chien (2007) ได้มีการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ทำจาก rabbiteye blueberry พบว่า ปริมาณสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกรดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก โดยกรดจะไปทำลายโครงสร้างของสารต้านอนุมูลอิสระทำให้เสถียรภาพไป

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหมอนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้วพบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด คือน้ำหมอนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากฝั้วชนิดอบแห้งร้อยละ 7.5 ในด้าน ลักษณะปรากฏเท่ากับ 8.00 ± 0.53 กลิ่นเท่ากับ 7.58 ± 0.91 รสเปรี้ยวเท่ากับ 5.56 ± 1.66 รสหวานเท่ากับ 5.80 ± 1.44 ความกลมกล่อมเท่ากับ 6.42 ± 0.73 และความชอบรวมเท่ากับ 7.02 ± 0.55 (ตารางที่ 4.17) พบว่าการเสริมเกสรดอกไม้

จากผึ้ง ทั้งชนิดสดและชนิดอบแห้ง ในระดับที่สูงจะทำให้ให้น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นมีลักษณะหยาบ เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน

จากการผลิตน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง โดยกระบวนการระเหยภายใต้สูญญากาศควบคุมอุณหภูมิหม้อระเหย 60 องศาเซลเซียส พบว่าการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งปริมาณร้อยละ 7.5 เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายระหว่างการผลิตต่ำ 212.95 บาท/กิโลกรัม ผลผลิตที่ได้สูงร้อยละ 29.80 ± 0.27 ผลิตรั้วที่ที่ได้มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 1737.27 ± 5.58 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด 1481.07 ± 2.62 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์ 20.31 ± 0.04 และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 20.57 ± 0.67 และมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.02 ± 0.55)

ตารางที่ 4.15 ผลของปัจจัยที่เป็นปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้งต่อคุณภาพของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

ลักษณะคุณภาพ ¹	ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10
คุณภาพทางกายภาพ			
ความขุ่นหนืด (เซนติพอยส์)	$492.43^c \pm 2.47$	$546.71^b \pm 2.81$	$590.73^a \pm 2.50$
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	$14.04^a \pm 0.18$	$13.73^b \pm 0.26$	$12.78^c \pm 0.10$
a* (สีแดง/สีเขียว)	$15.07^c \pm 0.13$	$15.80^b \pm 0.17$	$16.27^a \pm 0.07$
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	$-6.70^a \pm 0.24$	$-6.45^b \pm 0.10$	$-6.18^c \pm 0.03$
คุณภาพทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.78 ± 0.04	3.78 ± 0.04	3.76 ± 0.05
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	$5.04^a \pm 0.16$	$4.62^b \pm 0.16$	$4.38^c \pm 0.16$
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	$39.33^c \pm 0.11$	$40.42^b \pm 0.08$	$41.38^a \pm 0.05$
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	$27.13^a \pm 0.12$	$23.73^b \pm 0.12$	$22.05^c \pm 0.12$
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	$1,550.92^a \pm 8.52$	$1,396.13^b \pm 5.58$	$1,254.58^c \pm 9.11$
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	$1,153.37^a \pm 0.87$	$1,110.15^b \pm 2.62$	$1,079.81^c \pm 2.43$
ดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์	$20.78^a \pm 0.04$	$20.42^b \pm 0.04$	$20.71^b \pm 0.02$
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	$23.47^a \pm 1.53$	$21.54^b \pm 0.67$	$20.22^c \pm 0.70$

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.16 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิดและปริมาณของเกสรดอกไม้วากฝั่งต่อน้ำหนักแห้งและปริมาณเกสรดอกไม้วากฝั่ง

ลักษณะคุณภาพ	ชนิดของเกสรดอกไม้วากฝั่ง x ปริมาณเกสรดอกไม้วากฝั่ง					
	เกสรดอกไม้วากฝั่งชนิดสด			เกสรดอกไม้วากฝั่งชนิดอบแห้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10
คุณภาพทางกายภาพ						
ความชื้นหนืด (เซนติพอยต์)	487.39 ^f ±2.60	538.87 ^d ±2.66	587.09 ^b ±2.41	497.46 ^e ±2.47	554.55 ^c ±2.81	594.37 ^a ±2.50
ค่าดี						
L* (ความสว่าง)	13.25 ^b ±0.40	12.83 ^c ±0.34	12.21 ^d ±0.05	14.83 ^a ±0.18	14.64 ^a ±0.26	13.36 ^b ±0.10
a* (สีแดง/สีเขียว)	15.49 ^d ±0.10	15.70 ^c ±0.12	15.96 ^b ±0.19	14.65 ^e ±0.13	15.89 ^{bc} ±0.17	16.58 ^a ±0.07
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-6.57 ^b ±0.18	-6.35 ^c ±0.04	-6.32 ^c ±0.04	-6.85 ^a ±0.24	-6.51 ^b ±0.10	-6.04 ^d ±0.03
คุณภาพทางเคมี						
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.78 ^b ±0.04	3.76 ^{ab} ±0.05	3.70 ^c ±0.07	3.78 ^a ±0.04	3.78 ^a ±0.04	3.76 ^{ab} ±0.05
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	4.97 ^a ±0.20	4.62 ^b ±0.16	4.48 ^b ±0.16	5.11 ^a ±0.16	4.62 ^b ±0.16	4.27 ^c ±0.16
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	39.34 ^d ±0.15	39.86 ^c ±0.05	40.92 ^b ±0.08	39.32 ^d ±0.11	40.98 ^b ±0.08	41.84 ^a ±0.05
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	27.10 ^a ±0.21	23.23 ^c ±0.19	21.08 ^e ±0.12	27.17 ^a ±0.12	24.23 ^b ±0.12	23.01 ^d ±0.12
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1820.77 ^b ±8.52	1676.17 ^d ±5.58	1464.36 ^f ±8.52	1892.06 ^a ±8.52	1737.27 ^c ±5.58	1655.80 ^e ±9.11

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ ¹	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้ง x ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง					
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด			เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10
คุณภาพทางเคมี						
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม)	1530.44 ^b ±2.12	1424.29 ^c ±3.65	1368.49 ^f ±2.33	1587.61 ^a ±0.87	1481.07 ^d ±2.62	1375.71 ^e ±2.43
ดัชนีสารแอนโทออกซิเจนต้น	20.77 ±0.05	20.52 ^b ±0.03	20.32 ^c ±0.02	20.80 ^a ±0.04	20.31 ^e ±0.04	20.32 ^f ±0.02
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	23.32 ^a ±1.52	22.51 ^{ab} ±0.19	21.20 ^{bc} ±1.98	23.62 ^a ±1.53	20.57 ^d ±0.67	20.22 ^e ±0.70

หมายเหตุ : ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ผลของปัจจัยร่วมต่อลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหอมสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส ¹	ชนิดของเกสรดอกไม้จากผึ้ง x ปริมาณเกสรดอกไม้จากผึ้ง					
	เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดสด			เกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้ง		
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7.5	ร้อยละ 10
ลักษณะปรากฏ	7.70 ^b ±0.89	7.74 ^b ±0.88	7.20 ^c ±0.95	7.66 ^b ±0.69	8.00 ^a ±0.53	7.66 ^b ±0.69
สี	7.36 ^{bc} ±0.96	7.50 ^{abc} ±1.04	7.24 ^c ±0.85	7.60 ^{ab} ±0.49	7.40 ^{bc} ±0.49	7.70 ^a ±0.46
กลิ่น	7.30 ^{ab} ±1.07	7.30 ^{ab} ±0.46	7.36 ^{ab} ±0.98	7.10 ^b ±0.68	7.58 ^a ±0.91	7.44 ^a ±0.50
รสเปรี้ยว	5.00 ^b ±1.64	5.14 ^{ab} ±0.64	5.06 ^b ±1.66	4.20 ^c ±0.73	5.56 ^a ±1.66	5.34 ^{ab} ±0.69
รสหวาน	5.68 ^a ±1.39	5.44 ^{ab} ±1.30	5.14 ^b ±1.58	3.94 ^c ±0.74	5.80 ^a ±1.44	5.02 ^b ±1.10
ความกลมกล่อม	5.50 ^b ±1.46	5.78 ^b ±1.17	4.88 ^c ±1.80	4.42 ^d ±0.91	6.42 ^a ±0.73	5.70 ^b ±0.46
ความขื่นหนืด	6.84 ^a ±1.17	6.92 ^a ±1.18	6.80 ^a ±1.34	6.32 ^b ±0.47	6.32 ^b ±0.71	5.94 ^d ±0.96
ความชอบรวม	5.94 ^{bc} ±1.25	6.30 ^b ±1.30	5.50 ^d ±1.68	4.82 ^c ±0.66	7.02 ^a ±0.55	5.86 ^{cd} ±0.35

หมายเหตุ: ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแผนอนันต์ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

จากผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งชนิดอบแห้งร้อยละ 7.5 ทำการบรรจุลงในขวดแก้ว ขนาด 45 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท ต้มในน้ำเดือดนาน 2 นาที ตามวิธีการของ ปัทมา (2552) ทำให้เย็นทันทีโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าค่าความชื้นแห้งของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่าความสว่างของสี L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่จางลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง a^* มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 4.18) อาจเป็นผลมาจากในระหว่างการเก็บรักษา สารสีในผลหม่อนส่วนใหญ่ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินเกิดการเสื่อมสลาย ซึ่งสอดคล้องสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีแนวโน้มลดลง วรพัทธ์และคณะ (2552) ได้ศึกษาความคงตัวของรงควัตถุแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์น้ำลูเบอร์รี่เข้มข้น พบว่ารงควัตถุแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่าสี b^* แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความเป็นสีน้ำตาลถึงม่วง

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของน้ำหม่อนเข้มข้น พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด -ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อพิจารณาสารในกลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ดัชนีสารแอนติออกซิเดนต์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ พบว่ามีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจมีผลมาจาก อุณหภูมิในการเก็บรักษา แสง และออกซิเจนที่อยู่ในขวด (Rapisarda *et al.*, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับ Kammerer *et al.* (2007) ที่พบว่าอัตราการลดลงของปริมาณสารแอนโทไซยานินจะแปรผันตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งแอนโทไซยานินจะสลายตัวอย่างช้าๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา และไม่พบสารเคอร์ซีทินตั้งแต่ระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 อาจเป็นผลมาจากสารเคอร์ซีทินเกิดการสลายตัวโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นตอนการผสมเกสรดอกไม้จากผึ้ง

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งไว้นานขึ้น สารที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะมีค่าลดลง อาจเกิดจากการสลายตัวของระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ จะมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระเร็วขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.18 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังหมอนสกัดเข้มข้นที่เสริมกรดออกไม่จากฟังก์ชันและการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ลักษณะคุณภาพ ¹	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)							
	0	2	4	6	8			
คุณภาพทางกายภาพ								
ความชื้นหนืด ^{ns} (เซนติพอยต์)	591.77±2.00	591.17±0.53	590.97±0.68	590.57±0.36	589.97±0.76			
ค่าสี								
L* (ความสว่าง)	13.36 ^d ±0.10	14.64 ^c ±0.26	17.71 ^b ±0.57	21.01 ^a ±0.23	21.37 ^a ±0.16			
a* (สีแดง/สีเขียว)	16.58 ^a ±0.07	15.89 ^b ±0.17	12.11 ^c ±0.06	7.28 ^d ±0.49	6.71 ^c ±0.28			
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-6.04 ^d ±0.03	-6.51 ^b ±0.10	-7.34 ^a ±0.17	-5.04 ^d ±0.07	-4.98 ^d ±0.15			
คุณภาพทางเคมี								
ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns} (pH)	3.70±0.00	3.68±0.05	3.68±0.05	3.65±0.04	3.62±0.00			
ปริมาณกรดทั้งหมด ^{ns} (ร้อยละ)	4.27±0.16	4.20±0.00	4.13±0.16	4.06±0.19	3.99±0.19			
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (องศาบริกซ์)	41.38±0.05	41.35±0.05	41.39±0.01	41.35±0.05	41.40±0.03			
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ^{ns} (ร้อยละ)	26.14±0.86	26.10±0.47	25.92±0.58	25.89±0.58	25.82±0.47			
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1,666.24 ^a ±1.95	1,587.61 ^b ±0.87	1,473.27 ^c ±2.43	1,375.71 ^d ±2.43	1,278.15 ^e ±2.43			

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ ¹	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)							
	0	2	4	6	8			
คุณภาพทางเคมี								
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	1,401.22 ^a ±9.11	1,297.35 ^b ±11.61	1,183.30 ^c ±8.52	953.16 ^d ±11.61	887.98 ^e ±13.28			
ดัชนีสารแอนตioxidant แคตตี	18.52 ^a ±0.03	17.32 ^b ±0.02	16.80 ^c ±0.04	15.31 ^d ±0.04	14.32 ^e ±0.02			
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	20.22 ^a ±0.70	19.19 ^b ±0.78	18.36 ^c ±1.55	17.16 ^d ±2.65	16.03 ^e ±0.60			
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ND	ND	ND	ND	ND			

หมายเหตุ : ¹ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแผนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

: ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 0 - 6 มีกลุ่มของจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค (ตารางที่ 4.19) หลังเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา เกินตามข้อกำหนดสำหรับเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ระบุไว้ว่า ต้องตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1,000 cfu/ml ยีสต์ และราไม่เกิน 100 cfu/ml (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) ผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นนี้จัดอยู่ในอาหารประเภทที่มีความเป็นกรด ($\text{pH} < 4.5$) จึงทำให้แบคทีเรียที่ทนกรดและทนต่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อในระดับที่ไม่สูงพอสามารถมีชีวิตรอด และเจริญอย่างช้าๆ ในระหว่างเก็บรักษา ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้เป็นพวกยีสต์และรา แต่ก็ไม่สามารถทนต่อความร้อนสูงในระดับน้ำเดือด ที่ใช้ในกระบวนการต้มฆ่าเชื้อได้ โดยส่วนใหญ่ยีสต์และราจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ในเวลาไม่กี่นาที (สุมาลี, 2541) การที่ตรวจพบจุลินทรีย์ดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ อาจเป็นผลมาจากมีสปอร์ที่สามารถทนความร้อนได้เหลือรอดจากการฆ่าเชื้อ และเจริญอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้สามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 6 สัปดาห์ พบว่ายังคงมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญลดลงเล็กน้อย ได้แก่ สารประกอบฟีนอล $1,375.71 \pm 2.43$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด 953.16 ± 11.61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนซ์มีค่า 15.31 ± 0.04 และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 17.16 ± 2.65 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ยังมีปริมาณไม่เกินตามข้อกำหนดมาตรฐานของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ตารางที่ 4.19 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นก่อนและระหว่างการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	<10	<10	3.51×10^2	7.75×10^2	2.34×10^3
ยีสต์และรา (cfu/ml)	<10	<10	<10	50	130

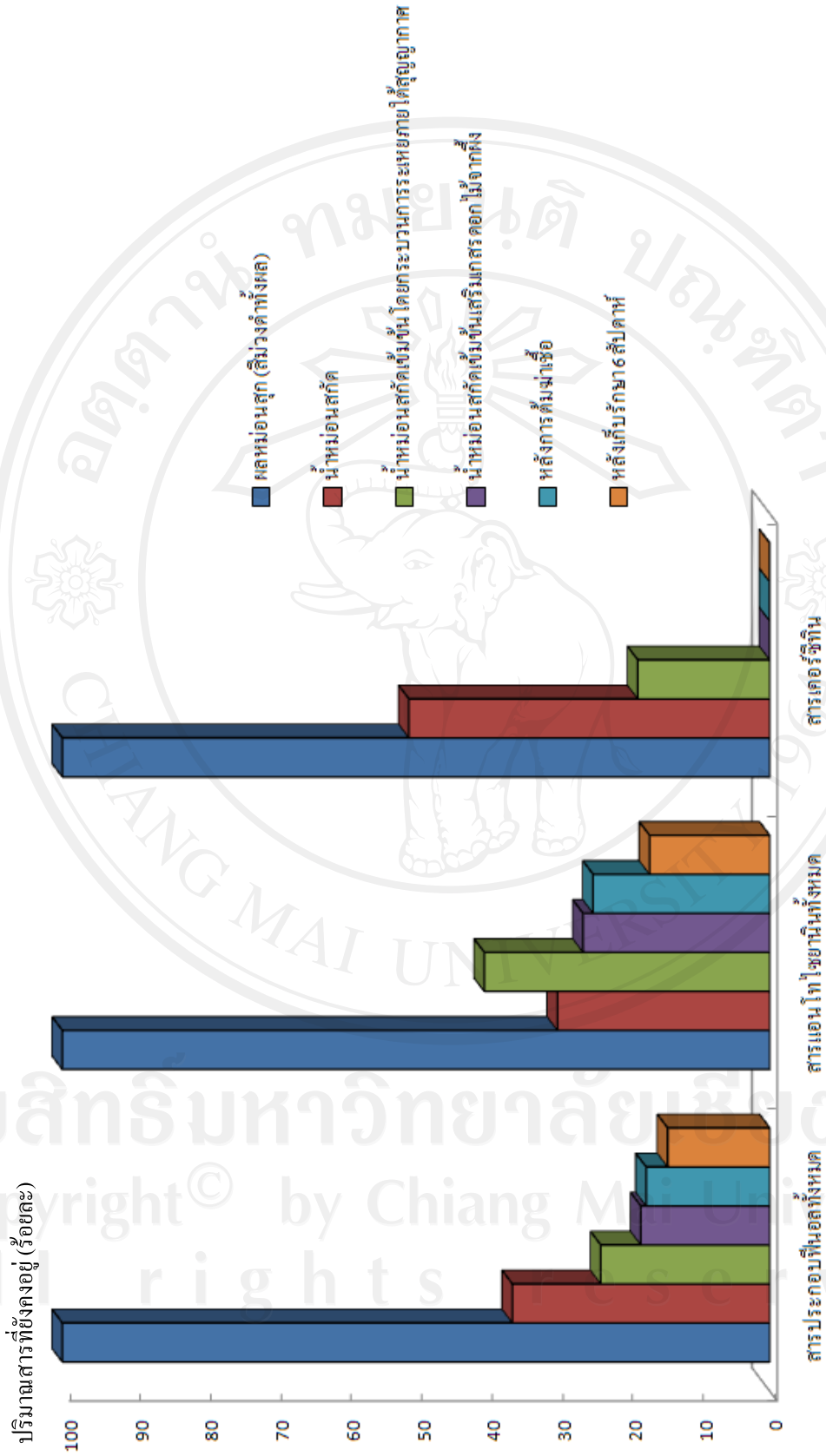
เมื่อเปรียบเทียบการคงเหลือของสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ซึ่งได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินในขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษาน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง เทียบกับผลหม่อนสุก (ค้ำทิ้งผล) พบว่าผลหม่อนสุกเมื่อผ่านขั้นตอนการสกัดน้ำหม่อน มีการสูญเสียกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวลดลงไปต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ภาพที่ 4.2) อาจเป็นผลมาจากก่อนการสกัดน้ำหม่อนได้มีการรวบรวมผลหม่อนสุกเป็นจำนวนมาก โดยที่ในแต่ละวันผลหม่อนนั้น ไม่ได้สุกพร้อมกัน เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอจึงต้องเก็บรวบรวมผลหม่อนสุกแช่เยือกแข็งไว้ เพื่อให้มีจำนวนมากพอในการวิจัย ในระหว่างการแช่เยือกแข็งอาจมีการสูญเสียกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว โดยสัมพันธ์กับออกซิเจนซึ่งทำการแช่เยือกแข็งไว้นานกว่า 2 สัปดาห์ รวมไปถึงขั้นตอนในการจัดการเพื่อให้ผลหม่อนมีความสม่ำเสมอ ได้มีการละลายน้ำแข็งและรวมผลหม่อนเข้าด้วยกัน อาจการสูญเสียกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระโดยสัมพันธ์กับอากาศ แสง และแสง รวมไปถึงขั้นตอนการแยกน้ำหม่อนโดยการบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระบางส่วนอาจติดค้างไปกับกาก และมีการใช้ระยะเวลาในการสกัดน้ำหม่อนนาน อาจมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง และอุณหภูมิ (Nicolini *et al.*, 1999)

เมื่อพิจารณาปริมาณกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเปรียบเทียบกับน้ำหม่อนสกัด พบว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นผลมาจากความร้อนทำให้สารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวเกิดการสลายตัว (Zhang *et al.*, 2008) แต่สารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจาก ในน้ำหม่อนมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ เมื่อได้รับความร้อนทำให้โมเลกุลของน้ำตาลเกิดการสลายและเกิดโพลีเมอร์ไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (นิธิยา , 2549) เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดโดยการวัดค่าดูดกลืนแสง สีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันอาจรบกวนความแม่นยำของการวัดการดูดกลืนแสง ทำให้สารแอนโทไซยานินทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ในน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้งจนถึงหลังเก็บรักษา 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นพบว่าแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kammerer *et al.* (2007) พบว่าอัตราการลดลงของปริมาณสารแอนโทไซยานินจะแปรผันตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งจะมีการสลายตัวอย่างช้าๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนสารเคอร์ซีทินนั้นตรวจไม่พบตั้งแต่ขั้นตอนการเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง อาจเกิดการสลายตัวเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง และอุณหภูมิ อาจมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว (Rapisarda *et al.*, 2008)

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าขั้นตอนในการผลิตและการเก็บรักษาน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นเสริมเกสร ดอกไม้จากผึ้ง มีผลต่อการสลายตัวของสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจมีสาเหตุของการเสื่อมสลายหลายสาเหตุ เช่น การสลายตัวของสารประกอบฟีนอล เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส หรือเพอร์ออกซิเดส (Zhang *et al.*, 2008) ในระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและการเก็บรักษา การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนโทไซยานินกับแทนนิน (Remy *et al.*, 2000) การเกิดปฏิกิริยา condensation ของแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอล ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ (Brownmiller *et al.* 2008 ; Hager *et al.*, 2008) หรืออุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ ก็สามารถส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงได้ (อนุพงษ์ และคณะ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 การคงเหลือของสัปดาห์นอนหอพักต่างกันในขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษาหอพักนักเรียนสัปดาห์แรก