บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 วิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำหม่อน

จากการสกัดน้ำหม่อนโดยใช้ผลหม่อนสดทั้ง 3 วิธี คือ ปั่นแล้วเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบตะกร้า ปั่นแล้วคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิค และปั่นด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก พบว่า วิธีการปั่นแล้วคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิกให้ปริมาณน้ำหม่อนที่ได้สูงสุดถึงร้อยละ 79.00±2.05 (ตารางที่ 4.1) รองลงมาคือ ปั่นแล้วเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบตะกร้า และปั่นด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก (ร้อยละ 62.00±0.40 และ 50.23±0.50 ตามลำดับ) นอกจากนี้วิธีการปั่นแล้วคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิกยังเหลือปริมาณกาก และปริมาณสูญเสียน้อยที่สุด (ร้อยละ 19.00±0.80 และ 2.00 ±2.30 ตามลำดับ) อีกทั้งมีปริมาณสารแขวนลอยในน้ำหม่อนสกัดต่ำสุดด้วย คือ ร้อยละ 3.14 ±0.72 ส่วนวิธีการอื่น มีปริมาณกาก ปริมาณที่สูญเสีย และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำหม่อนสกัดสูงกว่า การที่มีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ต่ำนี้จะทำให้มีการสูญเสียปริมาณของแข็งที่ติดไปกับผลึกน้ำแข็งน้อย ในขั้นตอนของการแยกผลึกน้ำแข็งออกจากของเหลวในกระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง (วสันต์, 2550)

ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดน้ำหม่อน คือ การปั่นผลหม่อนแล้วคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิก เนื่องจากวิธีการนี้ให้ปริมาณน้ำหม่อนที่สกัดได้สูงที่สุด และมีปริมาณกาก ความชื้นของกาก และปริมาณสารแขวนลอยต่ำที่สุด

4.2 ผลของการใช้เอนไซม์เพคติเนสในการสกัดน้ำหม่อน

จากวิธีการสกัดที่เลือกได้จากขั้นตอนที่ 1 นำไปศึกษากับผลหม่อนชุดใหม่ โดยใช้ผลหม่อนแช่แข็ง ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 เดือน มีการเติมเอนไซม์เพคติเนส ลงในเนื้อผลหม่อนบด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.00 0.05 0.10 และ 0.15 ของน้ำหนักผลหม่อนบด ใช้เวลาในการย่อย 3 ช่วงเวลา ที่อุณหภูมิห้อง คือ 3 6 และ 9 ชั่วโมง หลังแยกน้ำหม่อนออกด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิก พบว่า การใช้เอนไซม์ที่ระดับ 0.10 และ 0.15 ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ (ร้อยละ 76.03±3.27 และ 77.90±3.22 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาปริมาณกากที่ได้ (ร้อยละ 20.48±1.28 และ 19.38 ±1.03 ตามลำดับ) มีปริมาณกากต่างกันไม่ถึงร้อยละ 1 ซึ่งปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่เอนไซม์เพคติเนสไปย่อยสารประกอบเพคตินให้มีขนาดเล็กลงทำให้สามารถสกัดน้ำหม่อนออกมาได้มากขึ้น (Landbo *et al.*, 2007) จากผลการทดลองจะเห็นว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการใช้เครื่องมือในการสกัดน้ำหม่อนที่เลือกได้จากขั้นตอนที่ 1 ให้ปริมาณผลผลิตถึง ร้อยละ 79.00±2.05 แต่เมื่อมีการใช้เอนไซม์เพคติเนสในการสกัดน้ำหม่อนให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 76.03±3.27 เนื่องจากในขั้นตอนที่ 2 มีผลหม่อนดำแดงปนอยู่ด้วยซึ่งปริมาณน้ำหม่อนจะเพิ่มขึ้นตามระยะความสุก จึงทำให้ปริมาณผลผลิตที่สกัดได้มีปริมาณน้อยกว่าการใช้เครื่องมือในการสกัดเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสไม่มีผลต่อ ปริมาณที่สูญเสีย ปริมาณสารแขวนลอย และความชื้นในกาก ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.10 จึงเพียงพอในการสกัดน้ำหม่อน

สำหรับระยะเวลาในการย่อยนั้น พบว่า เมื่อใช้เวลาในการย่อย 3 และ 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ (ร้อยละ76.47±2.85 และ 75.47±2.33 ตามลำดับ) แต่เมื่อใช้เวลาการย่อย 9 ชั่วโมง ปริมาณผลผลิตยังคงมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการย่อย 6 ชั่วโมง สำหรับปริมาณความชื้นในกากนั้น พบว่าเมื่อใช้เวลาในการย่อย 3 6 และ 9 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 68.76±1.70 71.03±1.51 และ 79.26±2.72 ตามลำดับ) พบว่าระยะเวลาในการย่อยไม่มีผลต่อ ปริมาณกาก ปริมาณที่สูญเสีย และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำหม่อนสกัด ดังนั้นระยะเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสเพียง 3 ชั่วโมง จึงเพียงพอต่อการสกัดน้ำหม่อน

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่าง ความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาที่ใช้ย่อย พบว่าลักษณะของคุณภาพที่ได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาจากปัจจัยเดี่ยวเพื่อเลือกสภาวะที่ให้ผลผลิตน้ำหม่อนสูงสุด ซึ่งพบว่าสภาวะนั้น ได้แก่ การใช้เอนไซม์เพคติเนส ที่ระดับร้อยละ 0.10 และเวลาย่อย 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการสกัดน้ำหม่อนต่อคุณภาพของน้ำหม่อนสกัดที่ได้

คุณลักษณะ	วิธีที่ใช้ในการสกัด		
	ปั่นแล้วเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบตระกร้า	ปั่นแล้วคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำแบบไฮดรอลิก	ปั่นด้วยครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก
ปริมาณผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	62.00^{b}±0.40	79.00^{a}±2.05	50.23^{c}±0.50
ปริมาณกาก (ร้อยละ)	25.37^{b}±0.20	19.00^{c}±0.80	47.03^{a}±2.22
ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)	12.63^{a} ±0.36	2.00^{b}±2.30	2.74^{b}±1.77
ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำหม่อนสกัด (ร้อยละ)	15.09^{b}±3.51	3.14^{c}±0.72	22.89^{a}±1.56
ความชื้นในกากที่เหลือ (ร้อยละ)	78.25^{b}±0.75	76.96^{c}±0.62	80.25^{a}±0.32

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

ตารางที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยต่อคุณภาพของน้ำหม่อน

ปัจจัย	ลักษณะของคุณภาพที่ได้				
	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	ปริมาณกากที่แยกได้ (ร้อยละ)	ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)	ปริมาณสารแขวนลอย (ร้อยละ)	ความชื้นในกาก (ร้อยละ)
ความเข้มข้นของเอนไซม์ (ร้อยละ)			ns	ns	ns
0	72.53^{c}±1.75	21.92^{a}±2.73	5.55±2.14	4.98±1.80	73.91±7.00
0.05	75.23^{b}±1.59	20.85^{ab}±1.43	3.92±2.65	5.31±1.11	72.67±5.51
0.10	76.03^{a}±3.27	20.48^{ab}±1.28	3.49±2.45	4.68±1.18	72.62±3.03
0.15	77.90^{a}±3.22	19.38^{c}±1.03	2.72±4.29	5.02±1.09	72.85±5.03
ระยะเวลา (ชั่วโมง)		ns	ns	ns	
3	76.47^{a}± 2.85	20.93±2.50	2.60±2.01	4.20±0.93	68.76^{c}±1.70
6	75.47^{ab}±2.33	20.02±0.97	4.51±2.49	5.54±1.22	71.03^{b}±1.51
9	74.32^{b}±3.22	21.03±1.89	4.65±2.48	5.25±1.31	79.26^{a}±2.72

หมายเหตุ: 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยต่อคุณภาพของน้ำหม่อน

ปัจจัย	ลักษณะของคุณภาพที่ได้				
	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	ปริมาณกากที่แยกได้ (ร้อยละ)	ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)	ปริมาณสารแขวนลอย (ร้อยละ)	ความชื้นในกาก (ร้อยละ)
ความเข้มข้นของเอนไซม์ (ร้อยละ) × ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ns	ns	ns	ns	ns
0×3	73.00±1.41	23.5±3.54	3.5±2.12	3.54±0.64	82.56±1.69
0×6	73.63±1.94	19.85±0.49	6.53±1.46	5.58±2.57	71.34±0.65
0×9	70.96±1.34	22.41±3.22	6.64±1.87	5.83±1.71	67.84±2.38
0.05×3	76.77±0.10	21.70±0.60	1.54±0.69	4.79±1.40	79.48±0.35
0.05×6	74.03±0.86	19.33±1.20	6.38±0.71	4.86±1.19	70.55±2.06
0.05×9	74.91±2.03	21.52±1.52	3.58±3.26	6.27±0.06	67.98±1.36
0.10×3	79.13±2.84	19.55±2.16	1.33±0.67	4.39±1.39	76.19±2.68
0.10×6	76.05±2.42	20.72±0.03	3.23±2.39	5.81±0.60	70.97±0.15
0.10×9	72.90±0.83	21.19±0.78	5.92±1.62	3.85±0.78	70.71±0.71
0.15×3	77.00±2.83	18.98±0.67	5.03±2.09	4.08±0.37	78.81±0.69
0.15×6	78.18±1.22	20.18±1.70	1.65±0.48	5.92±0.85	71.26±3.24
0.15×9	78.53±1.74	19.00±0.15	2.78±1.89	5.07±1.31	68.50±1.22

หมายเหตุ: ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.3 สภาวะที่เหมาะสมในการทำน้ำหม่อนเข้มข้นโดยวิธีแช่เยือกแข็ง

นำน้ำหม่อนที่สกัดได้ตามวิธีที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 2 เมื่อนำไปผ่านการสร้างผลึกน้ำแข็งที่ระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 15 20 25 30 และ 35 นาที แล้วเหวี่ยงแยกผลึกน้ำแข็งออกเป็นรอบที่หนึ่ง พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งนานมากขึ้น ปริมาณน้ำหม่อนที่ได้จากการเหวี่ยงแยกมีแนวโน้มลดลง (ร้อยละ 65.67±0.58 57.00±1.41 55.00±4.24 52.00±0.00 และ 46.00±0.00 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.3) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหม่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (14.00 ±1.00 15.50±0.71 17.00 ±0.00 17.00±0.00 และ 17.5 ±0.71 องศาบริกซ์ตามลำดับ) เนื่องจากเมื่อใช้ระยะเวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งนานมากขึ้น อุณหภูมิของน้ำหม่อนจะลดต่ำลง น้ำที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหม่อนส่วนใหญ่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของผลึกน้ำแข็งจึงเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 32.67±0.58 40.50±0.71 41.50±0.71 45.50 ±0.71 และ 51.00±0.00 ตามลำดับ) เมื่อมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยจึงทำให้น้ำหม่อนที่ได้มีความเข้มข้นมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหม่อนจึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยที่การสร้างผลึกน้ำแข็งที่เวลา 25 30 และ 35 นาที ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหม่อนใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ช่วง (17.00-17.50 องศาบริกซ์) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลึกน้ำแข็งที่แยกได้ พบว่าการสร้างผลึกน้ำแข็งที่ 30 นาที ให้ปริมาณต่ำที่สุด (4.67±0.58 องศาบริกซ์) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงมีการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้ไปกับน้ำแข็งต่ำ

จากน้ำหม่อนที่เหวี่ยงแยกได้เมื่อนำไปสร้างผลึกน้ำแข็งรอบที่สองแล้วเหวี่ยงแยก พบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับการสร้างผลึกน้ำแข็งครั้งที่หนึ่ง และพบว่าน้ำหม่อนที่เหวี่ยงแยกได้จากการสร้างผลึกน้ำแข็งที่ระยะเวลา 30 และ 35 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหม่อน และในผลึกน้ำแข็ง มีค่าเท่ากัน (27.00±0.00 และ 6.67±0.58 องศา บริกซ์ ตามลำดับ) ดังนั้นที่ระยะเวลาการสร้างผลึกน้ำแข็งที่ 30 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่น้อยกว่าน่าจะเหมาะในการสร้างผลึกน้ำแข็ง เมื่อพิจารณาการสร้างผลึกน้ำแข็งรอบที่สามแล้วเหวี่ยงแยก มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับการสร้างผลึกน้ำแข็งครั้งที่หนึ่ง และครั้งที่สอง พบว่าน้ำหม่อนที่เหวี่ยงแยกจากการสร้างผลึกน้ำแข็งที่ระยะเวลา 30 และ 35 นาที ยังคงมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหม่อน และในผลึกน้ำแข็ง มีค่าเท่ากัน (40.33±0.58 และ 13.33±0.58 องศาบริกซ์) จึงเลือกใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่าในการสร้างผลึกน้ำแข็ง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมของการทำน้ำหม่อนเข้มข้น คือ การใช้เวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งนานรอบละ 30 นาที

เมื่อพิจารณากราฟการแช่เยือกแข็งในแต่ละรอบของน้ำหม่อนสกัดปริมาณ 10 กิโลกรัม ในถังของเครื่องสร้างผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดความจุ 20 ลิตร พบว่ามีการลดลงของอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10 นาทีแรก (ภาพที่ 4.1) เนื่องจากในกระบวนการทำให้เข้มข้นโดยการแช่เยือกแข็งนี้ใช้เทคนิคในการสร้างผลึกน้ำแข็ง ที่มีการกวนของเหลวขณะทำการแช่เยือกแข็งตลอดเวลาจึงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งช่วงนี้น้ำที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหม่อนเริ่มเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง เมื่อความเข้มข้นของน้ำหม่อนเพิ่มขึ้นจุดเยือกแข็งจึงมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ (Siddharth, 2005) เมื่อพิจารณาจากกราฟที่เวลาการเยือกแข็งที่ 30 นาที มีผลึกน้ำแข็งในปริมาณที่เหมาะสมทำให้สามารถแยกน้ำหม่อนเข้มข้นออกได้ ถ้าใช้เวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งนานกว่านี้จะทำให้น้ำหม่อนและตัวถูกละลายเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งมากขึ้น ทำให้แยกน้ำเข้มข้นออกจากผลึกน้ำแข็งได้ในปริมาณที่น้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ลักษณะคุณภาพของน้ำหม่อนที่ทำให้เข้มข้นโดยใช้ระยะเวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งแตกต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็ง (นาที)				
	15	20	25	30	35
การสร้างผลึกน้ำแข็งครั้งที่ 1					
น้ำหม่อนที่ได้จากการเหวี่ยงแยก					
- ปริมาณน้ำหม่อน (ร้อยละ)	65.67^{a}±0.58	57.00^{b}±1.41	55.00^{bc}±4.24	52.00^{c}±0.00	46.00^{d}±0.00
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	14.00^{c}±1.00	15.50^{bc}±0.71	17.00^{ab}±0.00	17.00^{ab}±0.00	17.5^{a}±0.71
ผลึกน้ำแข็งที่แยกได้					
- ปริมาณผลึกน้ำแข็ง (ร้อยละ)	32.67^{d}±0.58	40.50^{c}±0.71	41.50^{c}±0.71	45.50^{b}±0.71	51.00^{a}±0.00
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	5.00^{cd}±0.00	6.67^{a}±0.58	6.00^{ab}±0.00	4.67^{d}±0.58	5.67^{bc}±0.58
- ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)^{ns}	1.66±1.15	2.50±0.71	3.50±3.54	2.50±0.71	3.00±0.00
การสร้างผลึกน้ำแข็งครั้งที่ 2					
น้ำหม่อนที่ได้จากการเหวี่ยงแยก					
- ปริมาณน้ำหม่อน (ร้อยละ)	68.00^{a}±1.00	61.67^{b}±1.53	57.33^{c}±3.33	47.67^{d}±0.58	48.33^{d}±0.58
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	22.00^{d}±0.00	23.33^{c}±0.58	26.00^{b}±0.00	27.00^{a}±0.00	27.00^{a}±0.00
ผลึกน้ำแข็งที่แยกได้					
- ปริมาณผลึกน้ำแข็ง (ร้อยละ)	31.00^{d}±1.73	37.00^{c}±2.65	41.00^{b}±1.00	51.00^{a}±1.00	50.00^{a}±1.00
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)^{ns}	7.00±0.00	7.33±0.58	6.67±0.58	6.67±0.58	6.67±0.58
- ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)^{ns}	1.00±1.00	1.33±1.53	1.67±1.53	1.33±1.53	1.67±1.15

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

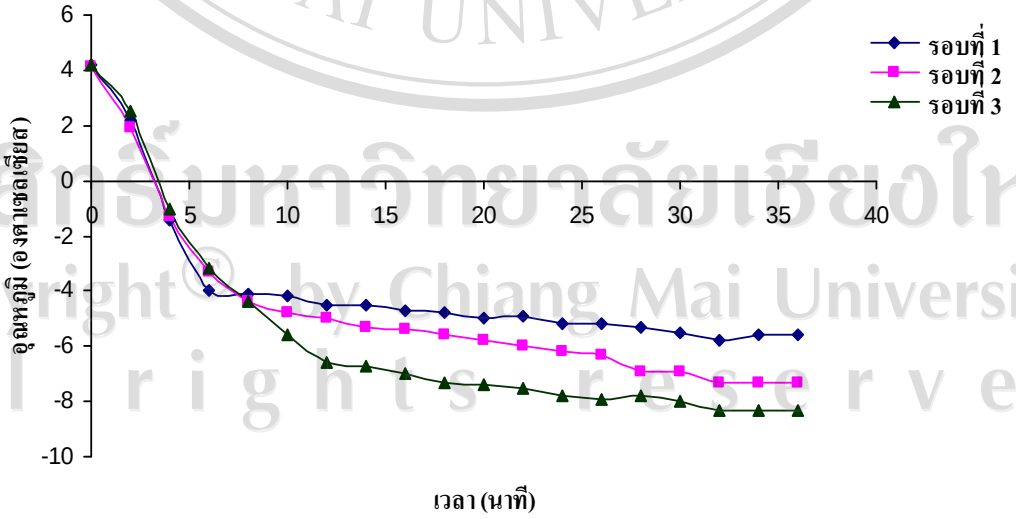
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ลักษณะคุณภาพของน้ำหม่อนที่ทำให้เข้มข้นโดยใช้ระยะเวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็งแตกต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาในการสร้างผลึกน้ำแข็ง (นาที)				
	15	20	25	30	35
การสร้างผลึกน้ำแข็งครั้งที่ 3					
น้ำหม่อนที่ได้จากการเหวี่ยงแยก					
- ปริมาณน้ำหม่อน (ร้อยละ)	69.33^{a}±0.58	63.67^{b}±1.53	57.00^{c}±1.00	58.67^{c}±0.58	50.67^{d}±1.15
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	34.33^{c}±0.58	35.33^{c}±0.58	38.33^{b}±0.58	40.33^{a}±0.58	40.33^{a}±0.58
ผลึกน้ำแข็งที่แยกได้					
- ปริมาณผลึกน้ำแข็ง (ร้อยละ)	28.00^{d}±1.00	34.00^{c}±1.73	41.33^{b}±0.58	39.67^{b}±1.15	47.67^{a}±1.53
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	9.27^{c}±0.46	10.33^{b}±0.58	14.00^{a}±0.00	13.33^{a}±0.58	13.33^{a}±0.58
- ปริมาณที่สูญเสีย (ร้อยละ)^{ns}	2.67±0.58	2.33±0.58	1.67±0.58	1.66±0.58	1.66±0.58

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.1 กราฟการแช่เยือกแข็งในระหว่างการทำให้เข้มข้นโดยการแช่เยือกแข็ง 3 รอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากระยะเวลาการแช่เยือกแข็งที่ 30 นาที จำนวน 3 รอบ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำหม่อนเริ่มต้นมีปริมาณผลผลิตลดลง (ร้อยละ 57.73 ±0.64 33.10±0.64 และ 19.26±0.29 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.4) เมื่อนำน้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่างของสี (L*) ลดลง น้ำหม่อนที่ได้มีความเข้มข้นมากขึ้นจึงทำให้สีของน้ำหม่อนมีสีเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มของสี (C*) ที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉดสี (h) เป็นสีม่วงถึงม่วงแดง และมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น จาก 2.25± 0.01 เป็น 7.2±0.48 เซนติพอยส์ เนื่องจากน้ำหม่อนเข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า น้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มลดลงจาก (3.77 เป็น 3.57) เนื่องจากน้ำหม่อนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็น กรด-ด่าง ลดลง (นิธิยา, 2545) โดยในรอบที่สามปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 38.73 องศาบริกซ์ ของแข็งทั้งหมดร้อยละ 26.43±0.13 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 31.08±0.19 สำหรับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ หลังทำให้เข้มข้นได้แก่ สารประกอบฟีนอลมีปริมาณ 3,193.88±26.27 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารแอนโทไซยานินทั้งหมด 1,588.59±10.19 ไมโครกรัม ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ร้อยละ 90.85±0.01 และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์มีค่า 10.09±0.09 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหม่อนสกัดสด

เมื่อเทียบกับน้ำหม่อนสกัดสด พบว่า น้ำหม่อนหลังทำให้เข้มข้น (ตารางที่ 4.5) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณ 3.5 เท่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นประมาณ 4.5 เท่า สารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณ 2.4 เท่า สารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณ 2.2 เท่า ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 เท่า และดัชนีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นประมาณ 2.2 เท่า ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมานั้นก็เนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำหม่อนที่มากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 คุณภาพของน้ำหม่อนที่ผ่านการสร้างผลึกน้ำแข็งนาน 30 นาที ทำการเหวี่ยงแยกแต่ละรอบ

ลักษณะคุณภาพ	น้ำหม่อนสกัดสด	น้ำหม่อนเข้มข้นรอบที่ 1	น้ำหม่อนเข้มข้นรอบที่ 2	น้ำหม่อนเข้มข้นรอบที่ 3
คุณภาพทางกายภาพ				
- ปริมาณผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	100.00^{a}±0.00	57.73^{b} ±0.64	33.10^{c}±0.64	19.26^{d}±0.29
- ค่าความสว่างของสี (L*)	10.95^{a} ± 0.07	10.63^{b}±0.06	10.21^{c}± 0.08	9.45^{d} ± 0.04
- ค่าความเข้มของสี (C*)	16.72^{b}±0.06	17.18^{a}±0.04	17.63^{a}±0.14	17.58^{a}±0.08
- ค่าเฉดสี (h)	334.90^{a}±0.17	334.97^{a}±0.21	332.23^{a}±0.06	329.90^{b}± 0.30
- ความข้นหนืด (cP)	2.25^{c}± 0.01	2.35^{c} ± 0.03	3.60^{b} ± 0.22	7.2^{a} ± 0.48
คุณภาพทางเคมี				
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.77^{a}± 0.06	3.70^{ab} ± 0.00	3.63^{bc} ± 0.06	3.57^{c} ± 0.06
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	1.75^{d}± 0.12	2.80^{c}± 0.00	3.73^{b}± 0.16	5.32^{a}± 0.24
- ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	10.93^{d}± 0.29	17.73^{c}± 0.55	26.83^{b}± 0.06	38.73^{a}±0.35
- ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	7.55^{d}±0.06	12.69^{c}±0.05	19.03^{b}±0.06	26.43^{a}±0.13
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	6.88^{d}±0.13	12.03^{c}±0.87	22.77^{b}±0.34	31.08^{a}±0.19
- สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/ml)	1,329.02^{d}±20.13	1,732.28^{c}±99.52	2,788.08^{b}±8.85	3,193.88^{a}±26.27
- สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/ml)	723.01^{d}± 0.00	801.07^{c} ± 11.75	1,143.92^{b}± 5.88	1,588.59^{a}± 10.19
- ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	59.06^{d}±0.09	79.65^{c}±0.08	89.22^{b}±0.02	90.85^{a}±0.01
- ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	4.53^{d}±0.33	7.13^{c}±0.12	9.34^{b}±0.11	10.09^{a}±0.09

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของคุณภาพทางเคมีในน้ำหม่อนเข้มข้นสุดท้าย

ลักษณะคุณภาพ	ค่าเฉลี่ยคุณภาพ		ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น (เท่า)
	น้ำหม่อนสกัดสด	น้ำหม่อนเข้มข้นสุดท้าย	
- ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	10.93 °Brix	38.73 °Brix	3.5
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	ร้อยละ 6.88	ร้อยละ 31.08	4.5
- สารประกอบฟีนอลทั้งหมด	1,329.02 µg/ml	3,193.88 µg/ml	2.4
- สารแอนโทไซยานินทั้งหมด	723.01 µg/ml	1,588.59 µg/ml	2.2
- ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ	ร้อยละ 59.06	ร้อยละ 90.85	1.5
- ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	4.53	10.09	2.2

4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้น

จากการนำน้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้นำมาบรรจุขวด ปิดฝา แล้วต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดที่ระยะเวลา 3 ระดับ คือ 2 4 และ 6 นาที ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า มีค่าความสว่างของสี (L*) ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.6) ค่าความเข้มของสี (C*) มีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากความร้อนทำให้สารสีในน้ำหม่อนส่วนใหญ่เป็นสารแอนโทไซยานินถูกทำลายจึงทำให้น้ำหม่อนมีสีอ่อนลงเล็กน้อย ค่าเฉดสี (h) เป็นสีม่วงถึงม่วงแดง และความข้นหนืด พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ เนื่องจากน้ำหม่อนมีสารประกอบเพคตินซึ่งเป็นคอลลอยด์ เมื่อนำไปต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพคตินจะอยู่ในรูปของซอล (sol) คืออนุภาคของคอลลอยด์เป็นของแข็ง และตัวกลางเป็นของเหลว เมื่อปล่อยให้เย็นลงทำให้อนุภาคของคอลลอยด์เคลื่อนที่ได้ช้าลง ช่วยให้โมเลกุลที่อยู่ใกล้กันเกาะตัวกัน ทำให้มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น

สำหรับคุณภาพทางเคมี เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย สำหรับสารในกลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ โดยอัตราการเสื่อมสลายของสารต้านอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (Nicoli *et al.,* 1999) จากการศึกษาของ Alasavar *et al*. (2004) ได้ศึกษาอัตราการเสื่อมสลายของสารแอนโทไซยานิน ในระหว่างการพาสเจอร์ไรส์น้ำแครอทม่วง ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าการเสื่อมสลายของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารแอนโทไซยานินในน้ำแครอทม่วงที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เกิดการเสื่อมสลายมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระจะเกิดการเสื่อมสลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนสารเคอร์ซีทินพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อนานขึ้น อาจเนื่องจากความร้อนไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ β-glucosidase ซึ่งใช้สาร quercetin glycoside เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนแปลงเป็นสาร quercetin aglycons (Dominic, 1995) เป็นผลทำให้สารเคอร์ซีทินที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้น

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ตรวจวิเคราะห์ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และกลุ่มของเชื้อยีสต์และรา พบว่า เวลาที่ใช้ในการต้มฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและกลุ่มของเชื้อยีสต์และราให้ลดลงเหลือน้อยกว่า 10 cfu/ml ซึ่งปลอดภัยในการบริโภคตามข้อกำหนดของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ระบุไว้ว่า ต้องตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1,000 cfu/ml และกลุ่มของเชื้อยีสต์และราไม่เกิน 100 cfu/ml (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนสกัดเข้มข้น จัดอยู่ในอาหารประเภทที่มีความเป็นกรด (acid food) ที่มี pH เท่ากับ 3.5 (ไพบูลย์, 2532) การฆ่าเชื้อในน้ำเดือด 2 นาที จึงเพียงพอสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นบรรจุขวดขนาด 60 มิลลิลิตร สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ดังนั้นการต้มฆ่าเชื้อน้ำหม่อนเข้มข้นบรรจุขวดที่เหมาะสม คือใช้เวลา 2 นาที เนื่องจากมีปริมาณสารสำคัญลดลงเล็กน้อย และสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการต้มฆ่าเชื้อที่ 4 และ 6 นาที ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ 2 นาที ยังคงมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญลดลงเล็กน้อย ได้แก่ สารประกอบฟีนอล สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทิน (3,138.08±57.79 1,585.20±5.88 และ 271.18±0.72 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ร้อยละ 81.02±0.03 และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์มีค่า 10.09±0.09 และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีปริมาณน้อยกว่า 10 cfu/ml เมื่อเทียบกับน้ำหม่อนสกัดสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ลักษณะคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของน้ำหม่อนเข้มข้นก่อนและหลังการต้มฆ่าเชื้อ

ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาของการต้มฆ่าเชื้อ (นาที)			
	0	2	4	6
คุณภาพทางกายภาพ				
- ค่าความสว่างของสี (L*)	$9.45^{b} \pm 0.04$	$9.10^{c} \pm 0.05$	$9.65^{a} \pm 0.08$	$9.37^{b} \pm 0.52$
- ค่าความเข้มของสี (C*)	$17.58^{a} \pm 0.08$	$16.80^{b} \pm 0.03$	$16.81^{b} \pm 0.04$	$15.66^{c} \pm 0.19$
- ค่าเฉดสี (h)	$329.90^{a} \pm 0.30$	$329.27^{a} \pm 0.15$	$329.83^{a} \pm 0.06$	$326.53^{b} \pm 0.06$
- ความข้นหนืด (cP)	$7.20^{b} \pm 0.48$	$9.66^{a} \pm 0.65$	$9.80^{a} \pm 0.17$	$9.67^{a} \pm 0.06$
คุณภาพทางเคมี				
- ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	3.57 ± 0.06	3.63 ± 0.06	3.63 ± 0.06	3.53 ± 0.06
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ^{ns}	5.32 ± 0.24	5.32 ± 0.24	5.18 ± 0.24	5.04 ± 0.00
- ของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (^{o}Brix)	$38.73^{b} \pm 0.35$	$38.73^{b} \pm 0.35$	$39.73^{a} \pm 0.46$	$39.10^{a} \pm 0.53$
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	$31.08^{a} \pm 0.19$	$30.34^{a} \pm 0.79$	$25.50^{b} \pm 3.71$	$25.14^{b} \pm 0.88$
- สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (µg/ml)	$3,193.88^{a} \pm 26.27$	$3,138.08^{a} \pm 57.79$	$2,441.7^{b} \pm 71.87$	$719.62^{c} \pm 5.8$
- สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (µg/ml)	$1,588.59^{a} \pm 10.19$	$1,585.20^{a} \pm 5.88$	$947.05^{b} \pm 10.19$	$719.62^{c} \pm 5.8$
- สารเคอร์ซีทิน (µg/ml)	$274.14^{b} \pm 0.01$	$271.18^{c} \pm 0.72$	$273.27^{b} \pm 0.56$	$280.18^{a} \pm 0.72$
- ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	$90.85^{a} \pm 0.01$	$81.02^{b} \pm 0.03$	$51.8^{c} \pm 0.01$	$50.90^{c} \pm 0.02$
- ค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์	$10.09^{a} \pm 0.09$	$7.75^{b} \pm 0.09$	$4.11^{c} \pm 0.04$	$4.00^{c} \pm 0.05$
คุณภาพทางจุลินทรีย์				
- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	>250	<10	<10	<10
- เชื้อยีสต์และรา (cfu/ml)	>250	<10	<10	<10

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

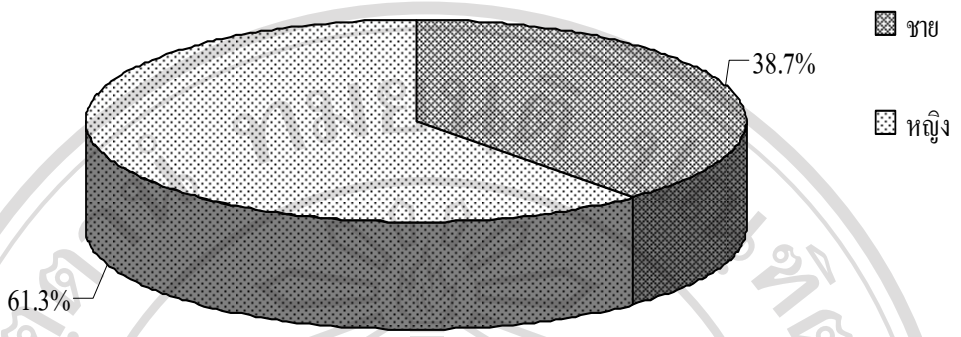
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น

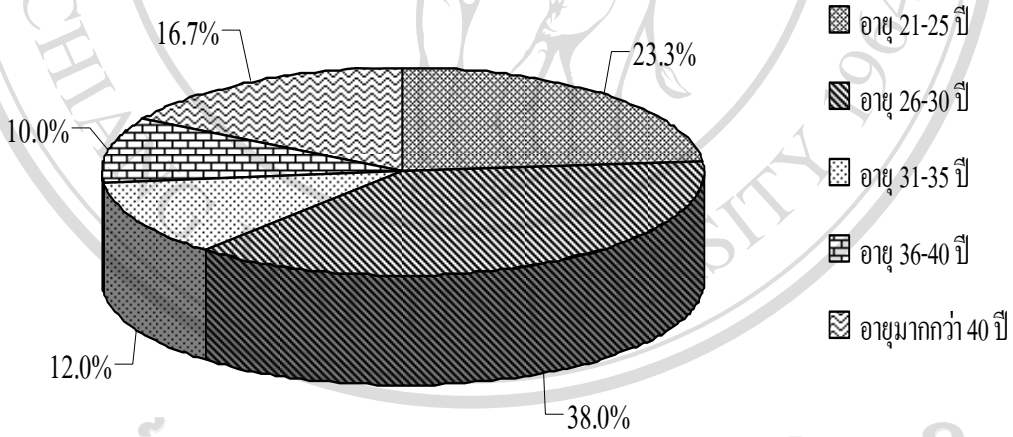
จากการนำน้ำหม่อนสกัดเข้มข้นที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ 2 นาที ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 150 คน ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.3 (ภาพที่ 4.2) มีช่วงอายุระหว่าง 26-30 ปี มากที่สุด ร้อยละ 38.0 (ภาพที่ 4.3) เมื่อพิจารณาชนิดของผลไม้ที่ผู้ตอบแบบสอบถามชอบมากที่สุด พบว่า ผลไม้ที่ผู้ทดสอบชิมชอบตั้งแต่ ร้อยละ 10.0 ขึ้นไป มี 4 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ส้ม มังคุด และแอปเปิ้ล กับ ลิ้นจี่ (ร้อยละ 18.6 18.2 และ 9.5 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.7) ส่วนผลหม่อนนั้นจัดอยู่ในอันดับที่ 11 (ร้อยละ 1.0) จาก 12 อันดับ แสดงว่าผลหม่อนสุกยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากนัก สำหรับน้ำผลไม้ที่ผู้ทดสอบชิมชอบตั้งแต่ ร้อยละ 10.0 ขึ้นไป มี 2 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ส้ม และ องุ่น (ร้อยละ 32.4 และ 9.9 ตามลำดับ) ส่วนน้ำหม่อนนั้นจัดอยู่ในอันดับที่ 10 (ร้อยละ 2.4) ของน้ำผลไม้ 13 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับการยอมรับที่ต่ำในผลหม่อนสุก สำหรับผลหม่อนผู้บริโภคให้ความชอบ ร้อยละ 1.0 อาจเนื่องมาจากยังไม่มีผลหม่อนวางจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ทำให้ผู้บริโภคหาซื้อได้ยาก ดังนั้นถ้ามีการนำผลหม่อนมาแปรรูปเป็นน้ำหม่อน น่าจะทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสและช่องทางได้บริโภคหม่อนมากขึ้น และยังเพิ่มโอกาสทางการตลาดอีกด้วย

เมื่อทำการทดสอบชิมผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม (6.6$\pm$ 1.44 6.8$\pm$1.46 6.2$\pm$ 1.79 6.6$\pm$1.81 และ 6.3$\pm$1.71 ตามลำดับ) ในระดับชอบเล็กน้อย (ภาพที่ 4.4) ความกลมกล่อมได้คะแนนการยอมรับ 5.7$\pm$1.97 เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 5.32$\pm$0.24 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปรี้ยว ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้ได้มีการทำให้เข้มข้นขึ้นโดยไม่มีการเติมน้ำตาล การทำให้รสชาติมีความกลมกล่อมอาจจะมีการเติมสารให้ความหวาน แต่ผลิตภัณฑ์นี้ต้องการคงคุณค่าสารอาหารที่สำคัญของผลหม่อน และเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ จึงไม่มีการเติมน้ำตาลเพื่อปรับปรุงรสชาติ สำหรับลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่าชอบมากที่สุด คือ สี (ร้อยละ 43.6) (ตารางที่ 4.8) ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์มีสีม่วงแดงที่เข้ม และเมื่อผ่านการต้มฆ่าเชื้อ 2 นาที สีของผลิตภัณฑ์ยังคงใกล้เคียงกับสีน้ำหม่อนสด และลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่าไม่ชอบมากที่สุด คือ ความกลมกล่อม (ร้อยละ 55.1) ซึ่งมีรสเปรี้ยวค่อนข้างมาก (ตารางที่ 4.9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 เพศของผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับ



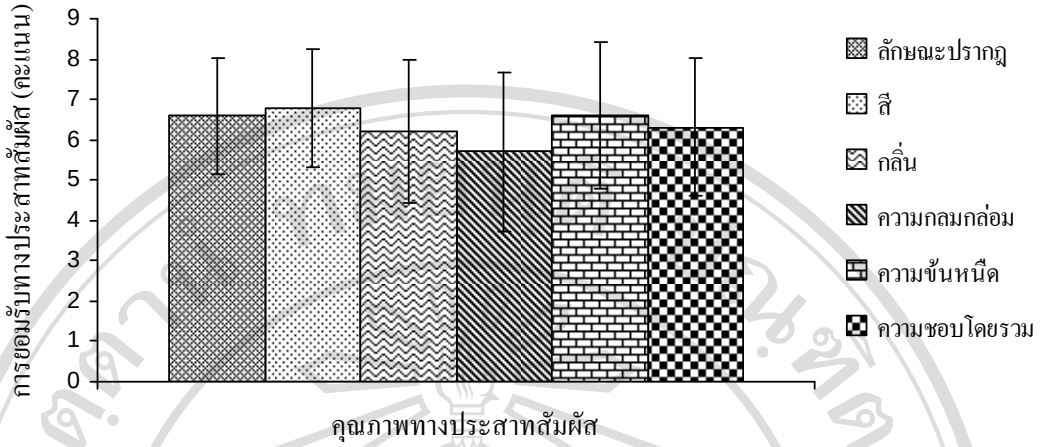
ภาพที่ 4.3 ช่วงอายุของผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ชนิดของผลไม้และน้ำผลไม้ที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด

ชนิด	ผลไม้		น้ำผลไม้	
	ร้อยละ	อันดับที่	ร้อยละ	อันดับที่
กล้วย	2.0	10	0.5	13
แคนตาลูป	2.0	10	4.3	8
เงาะ	8.5	4	0.5	13
แตงโม	8.0	5	6.4	6
ทับทิม	0.5	12	1.8	11
ฝรั่ง	3.5	9	9.0	3
มังคุด	18.2	2	0.5	13
มะขาม	1.0	11	0.9	12
มะพร้าว	1.0	11	6.4	5
ลำไย	4.0	8	2.4	10
ลิ้นจี่	9.6	3	3.6	9
สตรอเบอร์รี่	1.0	11	3.6	9
สับปะรด	5.5	7	7.2	4
หม่อน	1.0	11	2.4	10
ส้ม	18.6	1	32.4	1
องุ่น	6.0	6	9.9	2
แอปเปิ้ล	9.6	3	5.5	7
ผลไม้รวม	-	-	3.6	9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น

ตารางที่ 4.8 ลักษณะคุณภาพของน้ำหม่อนเข้มข้นที่ผู้ทดสอบชิมให้ความคิดเห็นว่าชอบมากที่สุด

ลักษณะคุณภาพ	จำนวน	
	คน	ร้อยละ
สี	65	43.6
กลิ่น	33	22.1
ความข้นหนืด	26	17.5
ความกลมกล่อม	19	12.8
ลักษณะปรากฏ	6	4.0

ตารางที่4.9 ลักษณะคุณภาพของน้ำหม่อนเข้มข้นที่ผู้ทดสอบชิมให้ความคิดเห็นว่าไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะคุณภาพ	จำนวน	
	คน	ร้อยละ
ความกลมกล่อม (เปรี้ยว)	81	55.1
กลิ่น	29	19.8
ความข้นหนืด	18	12.2
สี	15	10.2
ลักษณะปรากฏ	4	2.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

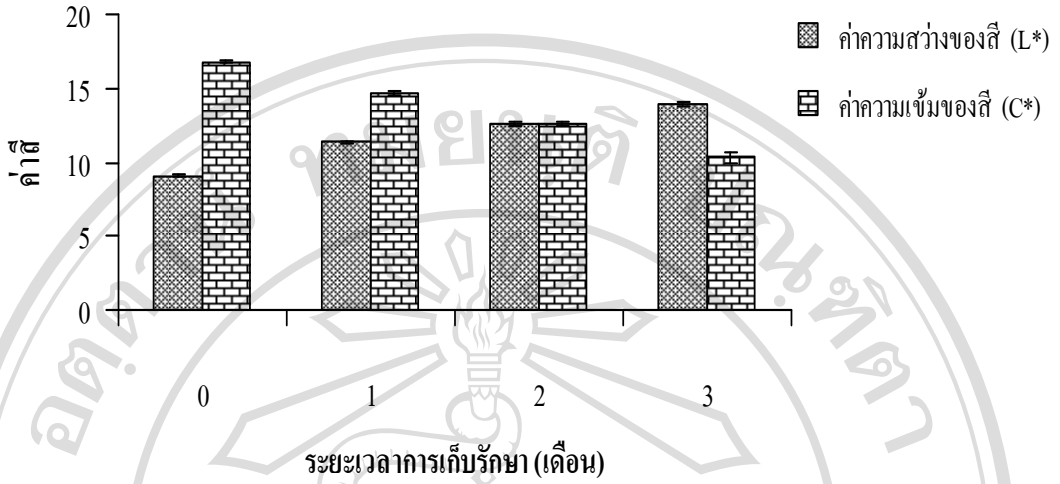
4.6 คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนสกัดเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำน้ำหม่อนเข้มข้นที่ได้บรรจุขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดฝา นำไปต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเวลา 2 นาที แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ทุก 1 เดือน ได้ผลดังนี้

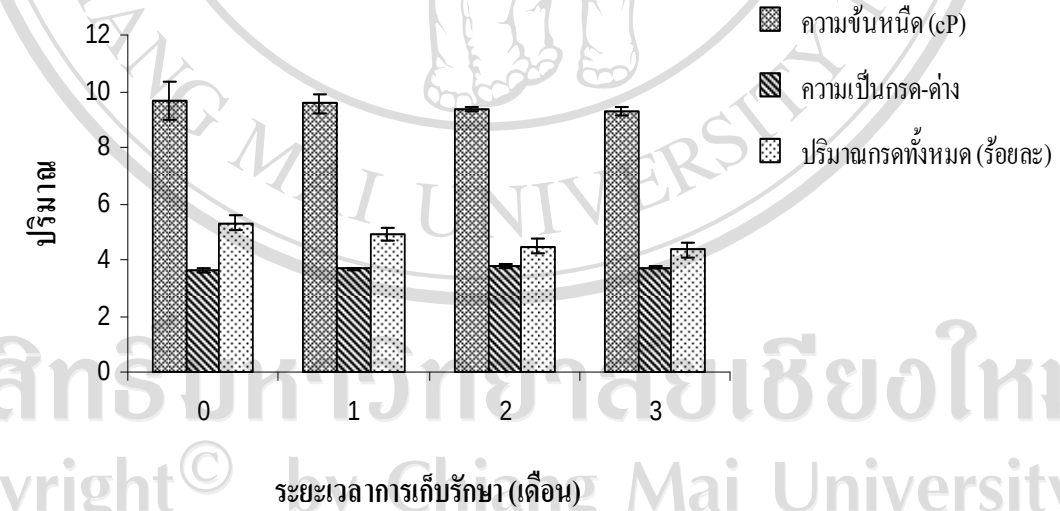
จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่างของสี (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อาจเกิดจากสารสีมีการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษาจึงทำให้สีจางลง ค่าความเข้มของสี (C*) มีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4.5) ในระหว่างการเก็บรักษานานขึ้น สารสีในผลหม่อนส่วนใหญ่เป็นสารแอนโทไซยานินเกิดการเสื่อมสลายในระหว่างกระบวนการแปรรูป และระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น ค่าเฉดสี (h) เป็นสีน้ำเงินถึงม่วง ส่วนความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.6) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของน้ำหม่อนเข้มข้น พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง แต่ปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.6) ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ภาพที่ 4.7) สำหรับสารในกลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด สารเคอร์ซีทิน มีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4.8) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ Kammerer *et al.* (2007) ที่พบว่าอัตราการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินจะแปรผันตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งแอนโทไซยานินจะสลายตัวอย่างช้าๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นไว้นานขึ้น สารที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะมีค่าลดลงเพราะเกิดการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ จะมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระเร็วขึ้น สำหรับค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่มีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 4.9) เกิดจากการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

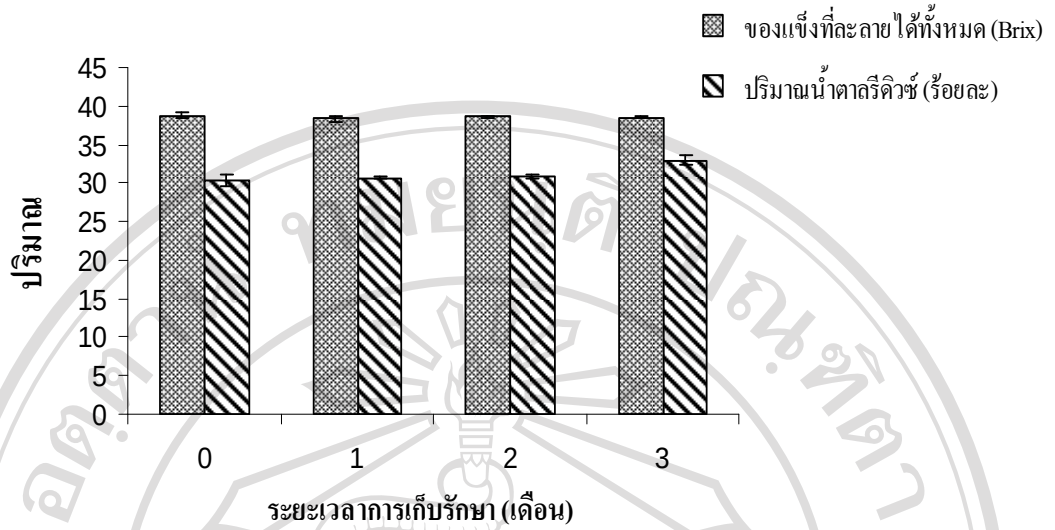


ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี ของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หลังเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน

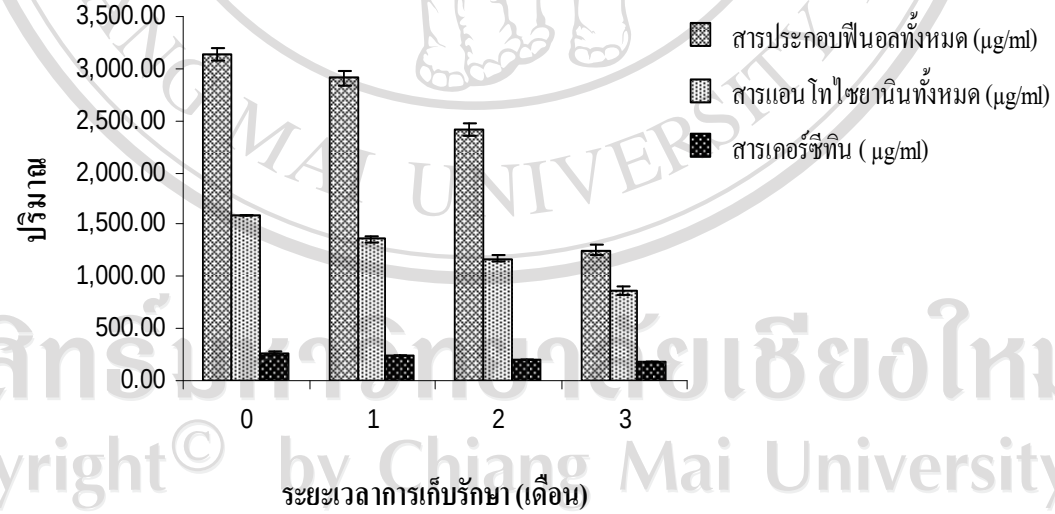


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความข้นหนืด ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หลังเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน

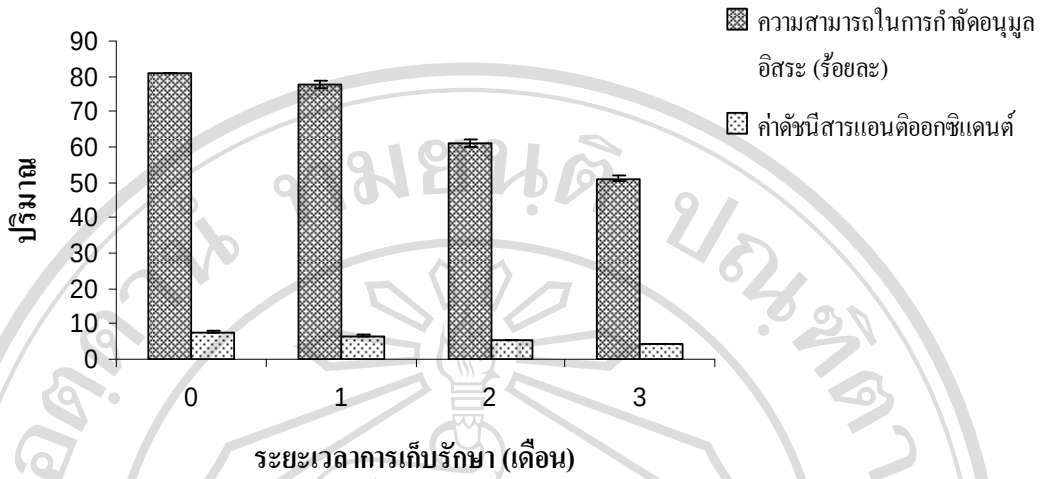


ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หลังเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หลังเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน



ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ของน้ำหม่อนสกัดเข้มข้น หลังเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า การเก็บรักษาในเดือนที่ 1 และ 2 มีกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค (ตารางที่ 4.10) หลังเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในเดือนที่ 3 พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เกินตามข้อกำหนดของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ระบุไว้ว่า ต้องตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1,000 cfu/ml (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) ส่วนกลุ่มเชื้อยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/ml ตลอดทั้ง 3 เดือน ผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นนี้จัดอยู่ในอาหารประเภทที่มีความเป็นกรด (pH $\leq$4.5) จึงทำให้เชื้อแบคทีเรียที่ทนกรดและทนต่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสามารถมีชีวิตรอดจากการฆ่าเชื้อ และเจริญอย่างช้าๆ ในระหว่างเก็บรักษา ส่วนเชื้อที่สามารถเจริญได้เป็นพวกเชื้อยีสต์และรา แต่ก็ไม่สามารถทนต่อความร้อนสูงในระดับน้ำเดือด ที่ใช้ในกระบวนการต้มฆ่าเชื้อได้ โดยส่วนใหญ่เชื้อยีสต์และราจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ในเวลาไม่กี่นาที (สุมาลี, 2541) ดังนั้นจึงตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในปริมาณที่น้อยมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นก่อนและระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	<10	<10	5.31×10^{2}	4.29×10^{3}
เชื้อยีสต์และรา (cfu/ml)	<10	<10	<10	<10

ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำหม่อนเข้มข้นสามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 2 เดือน แต่ไม่ถึง 3 เดือน พบว่า ยังคงมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญลดลงเล็กน้อย ได้แก่ สารประกอบฟีนอล สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทิน (2,412.37$\pm$52.19 1,173.36$\pm$33.47 และ 195.67$\pm$0.75 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ร้อยละ 61.19$\pm$1.06 และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์มีค่า 5.47$\pm$0.12 และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ยังมีปริมาณไม่เกินตามข้อกำหนดมาตรฐานของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved