บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 เวลาที่เหมาะสมในการแปรรูปน้ำบัวบกโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

นำลำต้นและใบของบัวบกมาล้างให้สะอาด ปั่นแยกกาก แล้วนำมาวัดค่า pH มีค่าเท่ากับ 5.60 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสายวรุฬและคณะ (2543) พบว่า ค่า pH ของน้ำบัวบกคั้นสดมีค่า pH เท่ากับ 5.56 ซึ่งถือว่าเป็นน้ำผักที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ จากนั้นนำน้ำบัวบกที่ได้มาเตรียมเป็นน้ำบัวบกสองแบบ ได้แก่ น้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix พบว่าทั้งสองตัวอย่างมีค่า pH 6.2 นำตัวอย่างไปแช่แข็ง (pre-freeze) ในอ่างควบคุมความเย็น -50ºC เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง (25ºC) สภาพสุญญากาศทำให้ความดันไอน้ำในตัวอย่างลดลง น้ำที่อยู่ในสภาพน้ำแข็งจะระเหิดกลายเป็นไอ การทดลองแปรระยะเวลาในการทำแห้ง (3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง) แล้วตรวจสอบค่า a_w

หลังจากการทำแห้งน้ำบัวบก พบว่า บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีสีเขียวคล้ำ ลักษณะตัวอย่างเป็นแผ่นบางพรุนลอกจากขวดก้นกลมดังรูปที่ 4.1 (ก) และบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีสีเขียวสดอ่อน ลักษณะตัวอย่างเป็นแผ่นบางพรุนติดกับขวดก้นกลมดังรูปที่ 4.1 (ข) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลมีความสามารถในการดูดความชื้นจึงทำให้สีบัวบกผงที่ใส่น้ำตาลเจือจางและให้สีสว่างมากกว่าบัวบกผงที่ไม่ใส่น้ำตาล ส่วนบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีสีเขียวคล้ำเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์

(ก) **(ข)**

รูปที่ 4.1 (ก) บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
(ข) บัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix
หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w)

ผลการตรวจสอบค่า a_w บัวบกผงหลังการทำแห้งแบบแช่เยือก แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า การใช้เวลาทำแห้ง 3 ชั่วโมง ตัวอย่างแห้งเพียงบางส่วนซึ่งไม่ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ สำหรับการใช้เวลาทำแห้ง 4, 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.21, 0.25 และ 0.28 ตามลำดับ เช่นเดียวกับบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีค่า a_w เท่ากับ 0.30, 0.27 และ 0.38 นอกจากนี้ บัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีค่า a_w สูงกว่าบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาล ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติดูดความชื้น (hygroscopic) และสามารถดูดความชื้นได้ถึง 1% โดยน้ำหนัก (Sigma, 2007) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบัวบกผงชงดื่ม (มผช.167/2546) ได้กำหนดค่า a_w ไว้ว่า ต้องไม่เกิน 0.5 เนื่องจาก a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนั้น วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งใช้พลังงานมากในกระบวนการทำแห้งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จากผลการทดลองค่า a_w ของบัวบกผงทุกชุดการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.5 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานบัวบกผงดื่มของ มผช. 167/2546 อย่างไรก็ตาม บัวบกผงที่ใช้เวลาทำแห้ง 4 ชั่วโมง ตัวอย่างบางส่วนติดกับก้นขวดอาจเนื่องจากมีความชื้นหลงเหลืออยู่ ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เวลาทำแห้งน้ำบัวบกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ในการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี ระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบัวบกผงสำเร็จรูปต่อไป

ตารางที่ 4.1 ค่า a_w ของบัวบกผงที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่เวลาต่างกัน

เวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)	ค่า a_w	
	บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาล	บัวบกผงเตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix
4	0.21 ± 0.04^{ns}	0.30 ± 0.01^{ns}
5	0.25 ± 0.03^{ns}	0.27 ± 0.01^{ns}
6	0.28 ± 0.05^{ns}	0.33 ± 0.03^{ns}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การเตรียมน้ำบัวบกคืนรูปจากบัวบกผง

ทดสอบการคืนรูปของบัวบกผง จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยนำบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลและบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix จำนวน 1.74 กรัม และ 16.83 กรัม ตามลำดับ ละลายในน้ำกลั่นโดยมีปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ผลการสังเกตการคืนรูปของตัวอย่าง พบว่า บัวบกผงทั้งสองแบบสามารถละลายน้ำได้ดี คืนรูปได้อย่างรวดเร็ว และน้ำบัวบกหลังคืนรูปมีสีใกล้เคียงกับน้ำบัวบกสด ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการทำแห้งแบบไม่ใช้ความร้อน โดยแช่แข็งตัวอย่างในเครื่องแช่แข็งก่อน (pre-freeze) นอกจากนี้ การทำตัวอย่างให้บางช่วยให้ตัวอย่างแข็งตัวอย่างรวดเร็วและเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กซึ่งจะไม่ทำลายโครงสร้างของอาหาร จากนั้นนำตัวอย่างไปทำแห้งภายใต้สภาวะความดันต่ำที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ความดันไอน้ำในตัวอย่างลดต่ำลง น้ำที่อยู่ในสภาพน้ำแข็งจะระเหิดกลายเป็นไอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงมีความเสียหายน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยวิธีอื่น

George *et al.* (2004) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งแบบแช่เยือก (freeze drying) มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบอื่น (freeze drying, convective air, vacuum oven และ micro-convection) โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะช่วยรักษาวิตามินซี วิตามินเอ ไนอะซีน ค่าสี และอัตราการคืนรูป (rehydration rate) ของผลบลูเบอร์รี่ (*Vaccinium angustifolium*) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Grabowski *et al*. (2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งหลายแบบ (vacuum, fluid bed, pulsed fluid bed และ freeze drying) พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์แครนเบอร์รี่ดีที่สุด โดยตรวจสอบค่าสี รสชาติ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการคืนรูป (rehydration capacity)

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีข้อดีคือ อาหารจะเกิดการเสียหายน้อยมาก และเมื่อนำอาหารแห้งมาแช่น้ำ อาหารจะคืนตัวได้อย่างรวดเร็ว และค่อนข้างสมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีสีเกือบเหมือนธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็ง เป็นการทำแห้งหรือลดค่า a_w โดยไม่ใช้ความร้อน อาหารแห้งที่ได้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และคงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไว้เป็นอย่างดี (นิธิยา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

สำหรับการตรวจสอบค่าสีน้ำบัวบกก่อนและหลังการทำแห้ง โดยเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:4 แล้ววัดค่าสีในระบบ CIE L*C*H° โดยวัดสีแบบส่องผ่าน (transmission) ผลการวัดสีน้ำบัวบก แสดงดังตารางที่ 4.2

การวิเคราะห์ค่า L* หรือ Lightness โดยค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างสว่างมากจนเป็นสีขาว (McGuire, 1992) ผลการทดลอง พบว่า ค่า L* ของน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 33.21 และ 33.53 ตามลำดับ ส่วนน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 34.79 และน้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล มีความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 39.23

การวิเคราะห์ค่า C* หรือ Chroma โดยค่า C* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีเทา หากค่า C* มากขึ้น แสดงว่า ตัวอย่างมีความเข้มของสีมากขึ้น (McGuire, 1992) ผลการทดลองพบว่าค่า C* ของน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 51.77 และ 51.98 ตามลำดับ ส่วนน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีความเข้มสีลดลง เท่ากับ 49.77 และน้ำบัวบกคืนรูปที่ใส่น้ำตาล มีความเข้มสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 59.15

การวิเคราะห์ค่า H° หรือ Hue angle เป็นค่าที่แสดงถึง สีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น หากค่า H° อยู่ในช่วง 0 - 45 องศา แสดงสีม่วงแดง-สีส้มแดง 45 - 90 องศา แสดงสีส้มแดง-สีเหลือง 90 - 180 องศา แสดงสีเหลือง-สีเขียว 180 - 270 องศา แสดงสีเขียว-สีน้ำเงิน 180 - 360 องศา แสดงสีน้ำเงิน-สีม่วงแดง (McGuire, 1992) ผลการทดลอง พบว่า ค่า H° ของน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล น้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล และน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 90.04, 90.85, 90.05 และ 89.89 ตามลำดับ แสดงว่าสีที่แท้จริงของน้ำบัวบกมีสีส้มเหลืองปนเขียว โดยเป็นสีเขียวของคลอโรฟิลล์และสีส้มแดงของแคโรทีนอยด์

จากผลการทดลอง น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* และ C* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำบัวบกระหว่างกระบวนการทำแห้ง เช่น การสลายตัวของสารบางชนิด (degradation) การเปลี่ยนรูปของสาร (deformation) หรือการเปลี่ยนเป็นไอโซเมอร์ (isomerisation) ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ค่าสี CIE L*C*H° ของน้ำบัวบกสดและน้ำบัวบกคืนรูปหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

	L*	C*	H°
น้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล	33.21 ± 0.04 [a]	51.77 ± 1.09 [a]	90.04 ± 0.26 [a]
น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล	39.23 ± 1.68 [b]	59.15 ± 1.57 [b]	90.05 ± 0.10 [a]
น้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix	33.53 ± 0.74 [a]	51.98 ± 0.89 [a]	90.85 ± 0.88 [a]
น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix	34.79 ± 1.12 [a]	49.77 ± 4.30 [a]	89.89 ± 0.14 [a]

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ส่วนน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีค่าสีใกล้เคียงกับน้ำบัวบกสด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการรักษาสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ (Shephard, 2007) ร่วมกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงช่วยรักษาคุณภาพสีของน้ำบัวบกให้มีสีใกล้เคียงกับน้ำบัวบกสด

4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

4.4.1 ค่า pH

ผลการวัดค่า pH น้ำบัวบกแปรรูป พบว่า น้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล น้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล และน้ำบัวบกคืนรูปที่ใส่น้ำตาล มีค่า pH เท่ากัน คือ 6.2 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าค่า pH อาจไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล

4.4.2 ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค

ผลการวิเคราะห์ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิคในน้ำบัวบก แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า น้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคเท่ากับ 269.36 และ 236.20 µg/ml ตามลำดับ สำหรับหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค เท่ากับ 238.79 และ 217.50 µg/ml ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคของน้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล แต่ไม่แตกต่างอย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิค เท่ากับ 12.31% แสดงว่าการเติมน้ำตาลมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค หลังจากนำน้ำบัวบกไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคของน้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิค เท่ากับ 11.35% และ 7.91% ตามลำดับ แสดงว่ากระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิคระหว่างกระบวนการทำแห้งของน้ำบัวบกทั้ง 2 แบบ พบว่า น้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลมีการสูญเสียมากกว่าน้ำบัวบก 14°Brix 3.44% แสดงว่าน้ำตาลอาจมีส่วนช่วยรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ Zainol *et al*. (2002) ได้ศึกษาปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิคและแอนตีออกซิเดทีฟแอกติวิตีในส่วนของลำต้น ราก และใบ ของบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urban) พบว่า ส่วนรากและใบของบัวบกมีแอนตีออกซิเดทีฟแอกติวิตีสูง และปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิคมีความสัมพันธ์อย่างมากกับแอนตีออกซิเดทีฟแอกติวิตี (r^2=0.9) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิคเป็นตัวส่งเสริมแอนตีออกซิเดทีฟแอกติวิตีของบัวบก

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า น้ำบกสดความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคน้อยกว่าน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล และหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง น้ำบัวบกคืนรูปมีการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิค โดยน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีการสูญเสียที่น้อยกว่า และผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำตาลมีส่วนช่วยรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคให้ลดช้าลงในระหว่างกระบวนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4.3 ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค (µg/ml) ในน้ำบัวบกก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

	ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค (µg/ml)	**การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิค (%)**
น้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล	269.36 ± 4.39 [a]	-
น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล	238.79 ± 20.03 [ab]	11.35
น้ำบัวบกสด ความหวาน 14°Brix	236.20 ± 22.88 [ab]	-
น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	217.50 ± 4.47 [b]	7.91

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ในน้ำบัวบก แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า น้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix ก่อนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 79.85 และ 66.20 µg/ml ตามลำดับ หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 65.35 และ 67.60 µg/ml ตามลำดับ

จากผลการทดลอง ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ของน้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 17.09% แสดงว่าการเติมน้ำตาลอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ หลังการทำแห้งพบว่า น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคลอโรฟิลล์เท่ากับ 18.16% จากการทดลองนี้ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าสีในข้อ 4.3 ที่พบว่าค่า L* และ C* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างจากน้ำบัวบกสดความหวาน 14°Brix อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่พบว่าไม่มีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หรือมีการสูญเสียน้อยมาก ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับค่าสีในข้อ 4.3 ที่พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ (µg/ml) ของน้ำบัวบกสด และน้ำบัวบกคืนรูปหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

	ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ (µg/ml)	**การสูญเสียคลอโรฟิลล์ (%)**
น้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล	79.85 ± 8.14^{a}	-
น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล	65.35 ± 2.78^{b}	18.16
น้ำบัวบกสด 14ºBrix	66.20 ± 2.82^{b}	-
น้ำบัวบกคืนรูป 14ºBrix	67.60 ± 5.08^{b}	-

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า น้ำบกสดความหวาน 14°Brix มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าน้ำบัวบกสดไม่ใส่น้ำตาล และหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ในขณะที่น้ำบกคืนรูปความหวาน 14°Brix ไม่มีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ แสดงว่าการใส่น้ำตาลมีผลช่วยในการรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

4.4.4 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

โดยปกติแล้วบัวบกมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกค่อนข้างต่ำ จากรายงานของสถาบันวิจัยสมุนไพร (2550) พบว่า บัวบกสด 100 กรัม มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพียง 4 มิลลิกรัม จากผลการทดลองโดยการไทเทรตตัวอย่างน้ำบัวบกเปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน ไม่พบกรดแอสคอร์บิกทั้งในน้ำบัวบกไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix ทั้งก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และได้ใช้วิธี HPLC ตรวจสอบเพิ่มเติม ซึ่งไม่พบกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่าง ทั้งนี้ในขั้นตอนการเตรียมน้ำบัวบกอาจมีการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิก เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติเป็นรีดิวซิ่งเอเจนต์ที่แรง (strong reducing agent) ดังนั้น จึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายในอากาศ (ศศิเกษมและพรรณี, 2530) นอกจากนี้ ในการเตรียมน้ำบัวบกคั้นเอาเฉพาะส่วนน้ำ และยังมีการสูญเสียวิตามินซีในระหว่างกระบวนการแปรรูปด้วย จึงทำให้ตรวจไม่พบกรดแอสคอร์บิกในน้ำบัวบกแปรรูป

4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาบัวบกผงสำเร็จรูป

นำบัวบกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยเปรียบเทียบบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลและบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 40 ºC เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ สำหรับลักษณะกายภาพภายนอกที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า พบว่า บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเขียวตลอดระยะเวลาการเก็บและคืนรูปได้ดี สำหรับบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีลักษณะจับกันเป็นแผ่นทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบและเก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศ ทำให้ตัวอย่างถูกบีบเป็นแผ่น ส่วนการทดสอบการคืนรูปนั้น ละลายได้ช้ากว่าบัวบกผงไม่ใส่น้ำตาล

4.5.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

คุณภาพทางเคมีของตัวอย่างที่ตรวจสอบ ได้แก่ ค่า a_w ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค และปริมาณรวมคลอโรฟิลล์

ผลการตรวจสอบค่า a_w ของบัวบกผง แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลและบัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีค่า a_w เท่ากับ 0.25 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0.27 ตามลำดับ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25ºC บัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.44 ในขณะที่บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีค่า a_w ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40ºC บัวบกผงที่เตรียมจากน้ำบัวบกความหวาน 14°Brix มีค่า a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.52 ในขณะที่บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีค่า a_w เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.28 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การที่บัวบกผงที่ใส่น้ำตาลมีค่า a_w เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40ºC มีค่า a_w เพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25ºC เนื่องจากอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลหรือเกลือสูงจะมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่า a_w ยังขึ้นกับอุณหภูมิด้วย (นิธิยา, 2545) ส่วนบัวบกผงที่ไม่ใส่น้ำตาลมีคุณสมบัติเป็น nonhygroscopic ค่า a_w ระหว่างการเก็บรักษาจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

ตารางที่ 4.5 ค่า a_w บัวบกผงระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC

สัปดาห์	25°C		40°C	
	บัวบกผง ไม่ใส่น้ำตาล	บัวบกผงเตรียมจาก น้ำบัวบกความหวาน 14°Brix	บัวบกผง ไม่ใส่น้ำตาล	บัวบกผงเตรียมจาก น้ำบัวบกความหวาน 14°Brix
0	0.25 ± 0.02^{Aab}	0.27 ± 0.01^{Aa}	0.25 ± 0.02^{Aa}	0.27 ± 0.01^{Aa}
1	0.24 ± 0.03^{Aab}	0.36 ± 0.04^{ABb}	0.28 ± 0.08^{ABa}	0.41 ± 0.00^{Bb}
2	0.30 ± 0.02^{Ab}	0.47 ± 0.03^{Cc}	0.39 ± 0.02^{Bb}	0.57 ± 0.00^{De}
3	0.26 ± 0.02^{Aab}	0.43 ± 0.00^{Cbc}	0.37 ± 0.02^{Bab}	0.54 ± 0.01^{Dd}
5	0.21 ± 0.02^{Aa}	0.44 ± 0.00^{Cbc}	0.28 ± 0.00^{Ba}	0.52 ± 0.01^{Dc}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการตรวจสอบปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคในน้ำบัวบก แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค 238.79 และ 217.50 µg/ml ตามลำดับ หลังจากการเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25ºC น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค 141.11 µg/ml โดยมีการสูญเสีย 40.91% ในขณะที่น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค 197.97 µg/ml ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีการสูญเสีย 8.98% สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40ºC น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค 127.45 และ 150.46 µg/ml โดยมีการสูญเสียไป 46.63% และ 30.83%

จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างในทุกสภาวะการทดลองมีการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิคระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมได้ดีจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย นอกจากนั้นน้ำตาลยังช่วยรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคให้มีการสูญเสียน้อยลง สำหรับอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสาร โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40ºC มีผลในการเร่งให้มีการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค (µg/ml) ของน้ำบัวบกคืนรูประหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC

สัปดาห์	25°C		40°C	
	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix
0	238.79 ± 20.03^{Ab}	217.50 ± 4.47^{Aa}	238.79 ± 20.03^{Ab}	217.50 ± 4.47^{Ab}
1	152.28 ± 10.95^{ABa}	246.54 ± 36.67^{Ca}	144.64 ± 13.33^{Aa}	213.21 ± 20.4^{BCb}
2	141.35 ± 8.22^{Aa}	254.92 ± 2.23^{Ca}	141.16 ± 12.73^{Aa}	196.15 ± 3.14^{Bb}
3	143.14 ± 4.47^{Aa}	204.51 ± 21.55^{Ba}	143.30 ± 8.11^{Aa}	185.20 ± 3.11^{Bab}
5	141.11 ± 3.56^{ABa}	197.97 ± 36.78^{Ba}	127.45 ± 18.49^{Aa}	150.46 ± 27.16^{ABa}
การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิค (%)	40.91	8.97	46.63	30.83

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลการตรวจสอบปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ในน้ำบัวบก แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ 65.35 และ 67.60 µg/ml ตามลำดับ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 ºC น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ 62.99 µg/ml โดยมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ 6.81% ส่วนน้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน สำหรับการเก็บรักษาบัวบกผงที่อุณหภูมิ 40ºC นาน 5 สัปดาห์ น้ำบัวบกคืนรูปที่ไม่ใส่น้ำตาลมีแนวโน้มปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ส่วนน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์เหลือ 43.47 µg/ml โดยมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ 35.69%

ตารางที่ 4.7 ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ (µg/ml) ของน้ำบัวบกคืนรูประหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC

สัปดาห์	25°C		40°C	
	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	**น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix**	**น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล**	**น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix**
0	65.35 ± 2.78^{Aab}	67.60 ± 5.08^{Aab}	65.35 ± 2.78^{Ab}	67.60 ± 5.08^{Ac}
1	59.78 ± 13.31^{Aab}	70.32 ± 0.60^{Aab}	71.88 ± 2.86^{Ac}	65.33 ± 0.71^{Abc}
2	33.70 ± 0.52^{Aa}	75.37 ± 1.75^{Db}	48.49 ± 1.83^{Ba}	59.51 ± 0.97^{Cbc}
3	77.42 ± 12.93^{Bb}	70.55 ± 2.75^{ABab}	68.44 ± 0.21^{ABbc}	56.07 ± 3.97^{Ab}
5	81.41 ± 30.09^{Ab}	62.99 ± 6.14^{Aa}	65.33 ± 1.49^{Ab}	43.47 ± 5.85^{Aa}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยปกติแล้วคลอโรฟิลล์มีความคงตัวต่ำต่อความร้อน แสง ออกซิเจน และค่า pH ดังแสดงในตารางที่ 2.7 และการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ยังขึ้นกับค่า pH ค่า a_w และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (นิธิยา, 2545) จากผลการทดลอง ในระหว่างการเก็บรักษาบัวบกผงที่ไม่ใส่น้ำตาลที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลง สำหรับบัวบกผงที่ใส่น้ำตาล ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์มีการลดลงระหว่างการเก็บรักษาเช่นกัน โดยการเก็บ

รักษาที่อุณหภูมิ 25ºC มีการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์น้อยมาก พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 - 3 ไม่มีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ในขณะที่ค่า a_w มีการเพิ่มเล็กน้อย และในสัปดาห์ 5 มีการสูญเสียคลอโรฟิลล์เพียง 6.81% ชี้ให้เห็นว่าน้ำตาลอาจช่วยรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ไว้ ส่วนการเก็บรักษาบัวบกผงที่อุณหภูมิ 40ºC มีการสูญเสียปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ในปริมาณมากถึง 35.69% ซึ่งอุณหภูมิยังมีผลส่งเสริมให้ค่า a_w ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 - 5 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.41 - 0.52 โดยคลอโรฟิลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเป็นฟีโอไฟติน นอกจากนี้ นิธิยา (2545) รายงานว่า การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผักโขม พบว่า เมื่อ a_w อยู่ในช่วง 0 - 0.32 คลอโรฟิลล์จะมีความคงตัวดีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37ºC เมื่อ a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.52 - 0.75 จะมีฟีโอไฟตินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

4.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE L*C*H°

ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพน้ำบัวบกโดยการวัดค่าสี ตามระบบ CIE L*C*H° ผลการวัดค่าสีของน้ำบัวบกคืนรูประหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* ตามตารางที่ 4.8 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีค่าสี L* 39.23 และ 34.79 ตามลำดับ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 ºC น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีค่าสี L* เพิ่มขึ้นเป็น 45.08 ในขณะที่น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 35.49 สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 ºC น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีค่าสี L* เพิ่มขึ้นเป็น 46.89 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนของน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 37.26

จากผลการทดลอง การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ของน้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาล ชี้ให้เห็นว่าระหว่างการเก็บรักษา บัวบกผงไม่ใส่น้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมี ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการลดลงของคลอโรฟิลล์และสารประกอบฟีนอลิค นอกจากนี้ การใส่น้ำตาลยังช่วยคงค่าสี L* อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

ผลการวิเคราะห์ค่าสี C* ตามตารางที่ 4.8 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลมีค่า C* สูงกว่าน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 59.15 และ 49.77 ตามลำดับ น้ำบัวบกคืนรูปทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า C* คล้ายกัน โดยค่า C* ลดลงในสัปดาห์ที่ 0 - 2 แล้วเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25ºC น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า C* 53.38 และ 57.78 ตามลำดับ ซึ่งเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40ºC ค่า C* มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 69.43 และ 60.67 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิของการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C*

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสี H° ตามตารางที่ 4.8 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำบัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลและน้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีค่า H° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 90.05 และ 89.89 ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ น้ำบัวบกคืนรูปความหวาน 14°Brix มีค่าลดลง 87.49 ในขณะที่บัวบกคืนรูปไม่ใส่น้ำตาลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 89.77 สำหรับที่อุณหภูมิ 40ºC ค่า C* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 88.76 และ 80.34 ตามลำดับ

การเก็บรักษาบัวบกผงที่ใส่น้ำตาลที่อุณหภูมิ 40ºC นาน 5 สัปดาห์ ทำให้ค่าสี H° เปลี่ยนแปลงเป็นสีส้มแดง และมีค่า C* และ L* เพิ่มขึ้นด้วย ค่าสีที่เปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลงถึง 35.69% โดยคลอโรฟิลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเป็นฟีโอไฟติน เนื่องจากพบว่าค่า a_w ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 - 5 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.41 - 0.52 นอกจากนี้ ค่าสี H° ของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสีส้มแดงอาจเป็นสีของแคโรทีนอยด์ซึ่งมีความเสถียรต่อความร้อนมากกว่าคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์อาจยังมีความคงตัวในช่วงค่า a_w 0.41 - 0.52 นิธิยา (2544) รายงานว่าแคโรทีนอยด์ในแครอทที่อบแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งค่อนข้างคงตัวเมื่อ a_w อยู่ในช่วง 0.32 - 0.57 และคงตัวดีที่สุดที่ a_w = 0.43 ซึ่งจะมีความชื้นประมาณ 8.8 - 10% หากค่า a_w ลดต่ำลงน้อยกว่า 0.32 จะเกิดการสลายตัวของแคโรทีนอยด์มากกว่าเมื่อ a_w เพิ่มสูงกว่า 0.57

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ค่าสี L*C*H° ของน้ำบัวบกคืนรูประหว่างการเก็บรักษาบัวบกผง ที่อุณหภูมิ 25 และ 40ºC

ค่าสี	อุณหภูมิ (°C)		สัปดาห์ 0	1	2	5
L*	25	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	39.23 ± 1.68 ^{Ab}	62.02 ± 3.18 ^{Cb}	64.99 ± 0.60 ^{Cb}	45.08 ± 0.06 ^{Bb}
	25	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	34.79 ± 1.12 ^{ABa}	31.07 ± 1.17 ^{Aa}	29.04 ± 1.64 ^{Aa}	35.49 ± 5.33 ^{Aa}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	39.23 ± 1.68 ^{Ab}	62.33 ± 0.96 ^{Cb}	62.84 ± 1.65 ^{Cb}	46.89 ± 0.55 ^{Bb}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	34.79 ± 1.12 ^{ABa}	32.17 ± 0.06 ^{Aa}	32.23 ± 2.01 ^{Aa}	37.26 ± 1.03 ^{Ba}
C*	25	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	59.15 ± 1.57 ^{Ab}	52.50 ± 2.55 ^{Ab}	48.24 ± 2.55 ^{Ab}	53.38 ± 21.23 ^{Aa}
	25	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	49.77 ± 4.30 ^{ABa}	45.18 ± 4.26 ^{ABa}	41.44 ± 1.46 ^{Aa}	57.78 ± 6.69 ^{Ba}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	59.15 ± 1.57 ^{Bb}	48.82 ± 0.35 ^{Aab}	47.59 ± 0.36 ^{Ab}	69.43 ± 0.01 ^{Ca}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	49.77 ± 4.30 ^{Aa}	49.05 ± 0.20 ^{Aab}	49.04 ± 3.07 ^{Ab}	60.67 ± 0.66 ^{Ba}
H°	25	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	90.05 ± 0.10 ^{Aa}	93.55 ± 0.71 ^{Bc}	93.67 ± 0.06 ^{Bc}	89.77 ± 0.01 ^{Ac}
	25	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	89.89 ± 0.14 ^{Ba}	87.70 ± 0.25 ^{Ab}	87.00 ± 0.05 ^{Ab}	87.49 ± 0.66 ^{Ab}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ไม่ใส่น้ำตาล	90.05 ± 0.10 ^{Ba}	93.36 ± 0.76 ^{Cc}	92.35 ± 0.33 ^{Cc}	88.76 ± 0.30 ^{Ac}
	40	น้ำบัวบกคืนรูป ความหวาน 14°Brix	89.89 ± 0.14 ^{Ca}	86.01 ± 0.08 ^{Ba}	81.27 ± 1.18 ^{Aa}	80.34 ± 0.29 ^{Aa}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองสรุปได้ว่า การใส่น้ำตาลมีส่วนช่วยรักษาสีและองค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์บัวบกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำตาลจะช่วยรักษาสารประกอบในน้ำบัวบก เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ โดยในการศึกษานี้พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใส่น้ำตาลจะมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์มากกว่าตัวอย่างที่ใส่น้ำตาล นอกจากนี้อุณหภูมิมีผลต่อคุณภาพบัวบกผงซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 ºC โดยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารที่พบทั่วไปในผักและผลไม้ และเป็นสารที่มีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งค่าการยอมรับและคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางโครมาโตกราฟีร่วมด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved