บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสดสกัดเข้มข้น (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) และน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) ก่อนนำไปแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ตามลำดับ แสดงดังตาราง 4.1 พบว่าวิธีการสกัดน้ำใบบัวบกสดที่แตกต่างกัน และการเติมน้ำตาลลงในน้ำใบบัวบกสด มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าค่าสี L ของน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่ามากกว่าน้ำใบบัวบกสดที่สกัดเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของปิยะมาศ (2550) ที่พบว่าน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 1 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าสี L เท่ากับ 43.02 ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 3 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยมีค่าเท่ากับ 30.4 (อรุณี และคณะ, 2553) เมื่อพิจารณาค่าสี a^* และ b^* ของน้ำใบบัวบกสดชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่ามากกว่าน้ำใบบัวบกสดชนิดไม่เติมน้ำตาล ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปในน้ำใบบัวบกสด ซึ่งจากรายงานของ ธัญญูรัตน์ (2550) พบว่าการเติมน้ำตาลลงในเครื่องดื่มบัวบกผงที่เตรียมโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีส่วนช่วยรักษาสี และองค์ประกอบทางเคมี เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของผลิตภัณฑ์ได้ จากงานวิจัยนี้พบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสดมีค่าอยู่ในช่วง 2.9-13.2 องศาบริกซ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 3.37-13.61 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5-6 สอดคล้องกับการศึกษาของสายวรุฬและคณะ (2543) ที่พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำใบบัวบกคั้นสดมีค่าเท่ากับ 5.56 แสดงให้เห็นว่าน้ำใบบัวบกสดจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ จุลินทรีย์ก่อโรคสามารถเจริญได้

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารออกสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกสด พบว่าน้ำใบบัวบกสดสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล มีปริมาณกรดอะเซียติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสด

คุณภาพ	น้ำใบบัวบกสดสกัดเข้มข้น		น้ำใบบัวบกสดสกัดจากใบบัวบก:น้ำดื่ม อัตรา 2:1	
	ไม่เติมน้ำตาล	เติมน้ำตาล 10%	ไม่เติมน้ำตาล	เติมน้ำตาล 10%
คุณภาพทางกายภาพ				
L	28.37±0.10 [c]	26.85±0.03 [d]	31.42±0.10 [a]	30.98±0.02 [b]
*a**	-1.23±0.03 [b]	-2.9±0.03 [d]	-0.92±0.03 [a]	-2.28±0.02 [c]
*b**	5.68±0.11 [c]	6.50±0.10 [a]	5.40±0.11 [d]	6.13±0.06 [b]
คุณภาพทางเคมี				
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	3.5±0.0 [c]	13.2±0.04 [a]	2.9±0.0 [d]	12.8±0.04 [b]
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	3.84±0.05 [c]	13.61±0.14 [a]	3.37±0.04 [d]	13.22±0.10 [b]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.01±0.00 [b]	5.94±0.00 [c]	6.04±0.01 [a]	5.95±0.00 [c]
ปริมาณกรดอะเซียติก (mg/100 mL)	7.53±0.03 [a]	6.93±0.13 [b]	6.68±0.17 [c]	6.11±0.03 [d]
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL)	2.60±0.11 [a]	2.34±0.11 [b]	2.21±0.05 [c]	1.98±0.10 [d]
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg BCE/100 mL)	6.23±0.12 [a]	6.07±0.01 [b]	5.74±0.03 [c]	5.43±0.01 [d]
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 mL)	4.11±0.00 [a]	4.03±0.01 [b]	3.84±0.01 [c]	3.51±0.00 [d]
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/100 mL)	565.30±2.63 [a]	538.58±1.25 [b]	512.27±2.66 [c]	486.64±1.84 [d]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 (ต่อ)

คุณภาพ	น้ำใบบัวบกสดสกัดเข้มข้น		น้ำใบบัวบกสดสกัดจากใบบัวบก:น้ำดื่ม อัตรา 2:1	
	ไม่เติมน้ำตาล	เติมน้ำตาล 10%	ไม่เติมน้ำตาล	เติมน้ำตาล 10%
คุณภาพทางจุลชีววิทยา				
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/mL)	4.53±0.01 [a]	4.56±0.01 [a]	4.46±0.01 [c]	4.48±0.01 [b]
ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/mL)	2.38±0.01 [b]	2.42±0.01 [a]	2.25±0.01 [d]	2.30±0.01 [c]
ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/mL) [ns]	3	3	3	3
ปริมาณ *Escherichia coli* (MPN/mL) [ns]	<3	<3	<3	<3

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns (non significant) หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 7.53 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ส่วนน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมน้ำตาล 10% มีปริมาณกรดอะเซียติกน้อยที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 6.11 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร โดย Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 1 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีปริมาณกรดอะเซียติก และอะเซียติโคโซด์ เท่ากับ 2.69 และ 4.49 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ และจากงานวิจัยของ Kormin (2005) พบว่าการสกัดน้ำบัวบกสดโดยใช้อัตราส่วนของบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 1 ต่อ 4 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะพบปริมาณกรดอะเซียติก และอะเซียติโคโซด์ เพียง 2.45 และ 3.91 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วน Ali (2008) รายงานว่าปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกสดมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-4.6 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร แมดดิแคสโซไซด์มีค่าอยู่ในช่วง 7.7-9.1 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร อะเซียติโคโซด์มีค่าอยู่ในช่วง 1.1-1.3 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร และกรดแมดดิแคสสิคมีค่าอยู่ในช่วง 5.4-7.1 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร นอกจากนั้น Sribusarakum (1997) พบว่าปริมาณกรดอะเซียติก ส่วนผสมของกรดแมดดิแคสสิคกับกรดเทอร์มิโนลิค (terminolic acid) อะเซียติโคไซด์ และส่วนผสมของอะเซียติโคไซด์เอและบี ในน้ำบัวบกสกัด มีค่าเท่ากับ 6.0 7.0 21.0 และ 30.0 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ หรือมีค่าเท่ากับ 9.28 10.94 32.81 และ 46.88% ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้พบวิตามินซีในน้ำใบบัวบกสดมีค่าอยู่ในช่วง 1.98-2.60 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร พบแคโรทีนอยด์มีค่าอยู่ในช่วง 5.43-6.23 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 3.51-4.11 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร โดย Kormin (2005) พบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำบัวบกสดที่สกัดโดยใช้บัวบก 1 ส่วน ต่อน้ำ 4 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าเท่ากับ 4.23 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร นอกจากนั้น Tee *et al.* (1998) พบว่าปริมาณวิตามินซี และแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกสด มีค่าเท่ากับ 2.65 และ 48.5 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วน Kim *et al.* (2008) พบว่าปริมาณวิตามินซี แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในบัวบกมีค่าเท่ากับ 0.04 9.81 และ 5.85 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 565.30-486.64 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำบัวบกสดซึ่งมีแหล่งเพาะปลูกที่ประเทศมาเลเซีย และสกัดโดยใช้น้ำ 4 ส่วน ต่อบัวบก 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยพบว่ามีค่าเท่ากับ 1,470.14 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร (Kormin, 2005) นอกจากนั้น ธัญญรัตน์ (2550) ได้รายงานว่าน้ำใบบัวบกที่สกัดโดยใช้น้ำ 1 ส่วนต่อใบบัวบก 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 1,194 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร หรือเท่ากับ 988.54 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร (Wongfhun *et al.*, 2009) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสด นอกจากอัตราส่วนผสมของใบบัวบกกับน้ำแล้วยังอาจมีสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์อย่างรวดเร็วในระหว่างขั้นตอนของการตัด สับ ซอย หั่น และการสกัดน้ำ รวมทั้งในระหว่างขั้นตอนของการแยกกาก ซึ่งสารประกอบฟีนอลทั้งหมดจะยังคงเหลืออยู่ในกากใบบัวบก ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในน้ำใบบัวบกสดมีปริมาณที่ลดลง (McCarthy and Mattehus, 1994) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในพืชจะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ วิธีการสกัด ระยะเวลาในการสัมผัสกับแสงแดด การเก็บรักษา รวมถึงลักษณะและฤดูกาลการเก็บเกี่ยว (Harborne and Williams, 2000; Robards, 2003) แต่ถึงอย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในน้ำใบบัวบกสด พบว่ามีปริมาณมากกว่าสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำส้ม น้ำสับปะรด โดยพบว่ามีค่าเท่ากับ 35.8 และ 75.5 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร (Gardner *et al.*, 2000) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสดสกัดเข้มข้น (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) และน้ำใบบัวบกสดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทั้งชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 4.46-4.56 log CFU/mL ปริมาณยีสต์และรา อยู่ในช่วง 2.42-2.25 log CFU/mL ตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มเท่ากับ 3 MPN/mL แต่ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* หรือพบน้อยกว่า 3 MPN/mL ในทุกสิ่งทดลอง ทั้งนี้น้ำใบบัวบกจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ จึงทำให้จุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียสามารถเจริญได้ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และเชื้อ *E. coli* สามารถตรวจพบได้ในดินและแหล่งน้ำ (BAM, 2000) ดังนั้นการตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำใบบัวบกสด อาจเป็นไปได้ว่ามีการปนเปื้อนจากดินหรือน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดบัวบก

4.2 ศึกษาคุณภาพของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง

นำน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้น (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ผันแปรความดันของเครื่อง 2 ระดับ คือ 400 และ 600 MPa และระยะเวลาคงความดัน 2 ระดับ คือ 20 และ 40 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ได้ผลการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่ความดัน 400 และ 600 MPa เป็นเวลา 20 และ 40 นาที แสดงดังตาราง 4.2 และ 4.3 พบว่าความดัน และระยะเวลาที่ใช้ในการคงความดันที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L a^* และ b^* ของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นทั้ง 2 แบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างสด จะมีแนวโน้มของค่าสี L และ b^* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี a^* จะมีค่าลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าการให้ความดันแก่น้ำใบบัวบกที่ 400 MPa เวลา 20 นาที ส่งผลให้ค่า Chroma (C) ของน้ำใบบัวบกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า Hue (h°) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ พบว่าความดัน และระยะเวลาที่ใช้ในการคงความดันที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดย ปิยะมาศ (2550) พบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ 400-600 MPa อุณหภูมิ 30-40°ซ เป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด

เมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ปริมาณกรดอะเซียติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่าความดัน และระยะเวลาที่ใช้ในการคงความดันมีผลต่อปริมาณกรดอะเซียติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% หลังผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ พบว่ามีค่าลดลงอยู่ในช่วง 7.10-7.18 และ 6.60-6.66 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าอยู่ในช่วง 4.62-6.26 และ 3.90-5.02% ตามลำดับ (ตาราง 4.4 และ 4.5) โดย Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าปริมาณสารในกลุ่มไตรเทอร์พีนในรูปไกลโคไซด์ เช่น อะเซียติกโคไซด์ และแมสดิแคสซิกโคไซด์ ในน้ำใบบัวบกจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากให้ความดันแก่น้ำใบบัวบกที่ 400 MPa เป็นเวลา 20 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ

คุณภาพ	น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นไม่เติมน้ำตาล			
	400 MPa		600 MPa	
	20 นาที	40 นาที	20 นาที	40 นาที
คุณภาพทางกายภาพ				
L	28.54±0.03^{a}	28.53±0.02^{a}	28.49±0.03^{b}	28.52±0.02^{ab}
*a**	-1.06±0.03^{a}	-1.11±0.03^{b}	-1.13±0.03^{bc}	-1.16±0.03^{c}
*b**	5.88±0.04^{a}	5.86±0.04^{a}	5.81±0.03^{b}	5.85±0.02^{ab}
คุณภาพทางเคมี				
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}Brix)^{ns}	3.5±0.04	3.5±0.00	3.6±0.00	3.6±0.04
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)^{ns}	3.83±0.11	3.85±0.10	3.85±0.10	3.86±0.10
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)^{ns}	6.00±0.01	6.00±0.00	5.98±0.00	5.99±0.01
ปริมาณกรดอะเซียติก (mg/100 mL)	7.10±0.12^{b}	7.06±0.13^{c}	7.12±0.13^{b}	7.18±0.10^{a}
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL)	1.85±0.02^{b}	1.87±0.02^{a}	1.82±0.02^{c}	1.85±0.01^{b}
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg BCE/100 mL)	5.78±0.01^{b}	5.80±0.00^{ab}	5.83±0.01^{a}	5.81±0.10^{a}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100mL)	3.67±0.02^{b}	3.72±0.03^{a}	3.64±0.02^{b}	3.66±0.01^{b}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/100 mL)	416.38±1.98^{d}	421.32±2.10^{c}	424.34±1.55^{b}	426.67±1.82^{a}

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns (non significant) หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ

คุณภาพ	น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นเติมน้ำตาล 10%			
	400 MPa		600 MPa	
	20 นาที	40 นาที	20 นาที	40 นาที
คุณภาพทางกายภาพ				
L	26.93±0.10 [a]	26.97±0.02 [a]	26.95±0.03 [a]	26.87±0.02 [b]
*a**	-2.85±0.03 [b]	-2.76±0.03 [a]	-2.80±0.02 [a]	-2.87±0.02 [b]
*b**	6.67±0.01 [b]	6.78±0.10 [a]	6.68±0.03 [b]	6.60±0.02 [c]
คุณภาพทางเคมี				
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}Brix) [ns]	13.2±0.04	13.2±0.04	13.4±0.0ภ	13.3±0.10
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) [ns]	13.61±0.13	13.60±0.14	13.63±0.15	13.63±0.10
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) [ns]	5.94±0.00	5.94±0.00	5.92±0.01	5.93±0.10
ปริมาณกรดอะเซียติก (mg/100 mL)	6.60±0.10 [c]	6.62±0.10 [b]	6.66±0.10 [a]	6.61±0.04 [b]
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL)	1.71±0.10 [b]	1.73±0.03 [a]	1.70±0.04 [c]	1.71±0.10 [b]
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg BCE/100 mL)	5.71±0.01 [b]	5.66±0.01 [c]	5.67±0.01 [c]	5.76±0.00 [a]
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100mL)	3.65±0.01 [b]	3.58±0.02 [c]	3.64±0.01 [b]	3.69±0.03 [a]
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/100 mL)	418.18±1.10 [c]	421.10±2.56 [b]	422.61±1.50 [b]	429.69±2.18 [a]

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns (non significant) หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 1.82-1.87 และ 1.70-1.73 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าอยู่ในช่วง 28.02-29.87 และ 19.04-20.93% ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.*

(2009) พบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากให้ความดันแก่น้ำใบบัวบกที่ 400 MPa เป็นเวลา 20 นาที โดยมีค่าลดลงจาก 4.77 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 4.13 และ 4.16 ตามลำดับ นอกจากนั้น Hsu *et al.* (2008) พบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำมะเขือเทศจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากให้ความดันแก่น้ำมะเขือเทศที่ 300 400 และ 500 MPa เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และ Houska *et al.* (2006) รายงานว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำบรอคโครี และน้ำแอปเปิ้ลจะมีค่าลดลงแตกต่างกันหลังจากให้ความดันที่ 350-500 MPa เวลา 5-20 นาที ทั้งนี้การลดลงของวิตามินซีอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากวิตามินซีเป็นสารรีดิวซิงที่มีความคงตัวต่ำเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) อาจเกิดออกซิเดชันไปเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก หลังจากนั้นจะถูกไฮโดรไลส์ต่อเป็นกรด 2,3-ไดคีโตกูโตนิก ซึ่งไม่มีคุณค่าทางชีวภาพ อีกทั้งเอนไซม์โดยเฉพาะเปอร์ออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี ก็เป็นอีกปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีในตัวผลิตภัณฑ์ได้ (Davey *et al.*, 2000)

เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 5.78-5.83 และ 5.66-5.67 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าอยู่ในช่วง 6.80-7.65 และ 5.20-6.84% ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้ตรงข้ามกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.* (2009) ที่พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่ 400 MPa เป็นเวลา 20 นาที มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด โดยมีค่าเท่ากับ 2.51 และ 2.52 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้การลดลงของแคโรทีนอยด์อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากแสง และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ รวมทั้งเอนไซม์ก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของแคโรทีนอยด์ในตัวผลิตภัณฑ์ได้

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 3.64-3.72 และ 3.58-3.69 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าอยู่ในช่วง 9.62-11.32 และ 8.56-11.14% ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์มีปัจจัยเช่นเดียวกับการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ตรงข้ามกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.* (2009) ที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ในน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่ 400 MPa เป็นเวลา 20 นาที มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 416.38-426.67 และ 418.18-429.69 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าอยู่ในช่วง 24.52-26.34 และ 20.22-22.36% ตามลำดับ โดยทั่วไปปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่ในผักและผลไม้ จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดอาจขึ้นอยู่กับสภาวะในการแปรรูป ปริมาณออกซิเจน และปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Nicoli *et al.*, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.*, (2009) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากให้ความดันสูงยิ่งแก่น้ำใบบัวบกที่ 400 MPa เป็นเวลา 20 นาที

ตาราง 4.4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล หลังผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ

สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	**ชุดควบคุม (mg/100 mL)**	**การสูญเสีย (%)**			
		400 MPa		**600 MPa**	
		20 นาที	**40 นาที**	**20 นาที**	**40 นาที**
ปริมาณกรดอะเซียติก	7.53±0.03	5.68^{b}	6.26^{a}	5.43^{b}	4.62^{c}
ปริมาณวิตามินซี	2.60±0.11	28.92^{b}	28.02^{c}	29.87^{a}	28.74^{b}
ปริมาณแคโรทีนอยด์[1]	6.23±0.12	7.65^{a}	7.02^{ab}	6.80^{b}	6.99^{b}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	4.11±0.00	10.84^{a}	9.62^{b}	11.32^{a}	11.02^{a}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด[2]	565.30±2.63	26.34^{a}	25.47^{b}	24.93^{c}	24.52^{d}

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1]BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

[2]GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียคำนวณเทียบจากสารที่มีอยู่เดิม 100% ในน้ำใบบัวบกชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% หลังผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ

สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	ชุดควบคุม (mg/100 mL)	การสูญเสีย (%)			
		400 MPa		600 MPa	
		20 นาที	40 นาที	20 นาที	40 นาที
ปริมาณกรดอะเซียติก	6.93±0.13	5.02 [a]	4.53 [b]	3.90 [c]	4.60 [b]
ปริมาณวิตามินซี	2.34±0.11	20.20 [b]	19.04 [c]	20.93 [a]	19.94 [b]
ปริมาณแคโรทีนอยด์[1]	6.07±0.01	5.94 [b]	6.84 [a]	6.62 [a]	5.20 [c]
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	4.03±0.01	9.43 [b]	11.14 [a]	9.83 [b]	8.56 [c]
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด[2]	538.58±1.25	22.36 [a]	21.81 [b]	21.53 [b]	20.22 [c]

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1]BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

[2]GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียคำนวณเทียบจากสารที่มีอยู่เดิม 100% ในน้ำใบบัวบกชุดควบคุม

4.2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลและชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งที่ 400 และ 600 MPa เป็นเวลา 20 และ 40 นาที พบว่าการแปรรูปน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นทั้ง 2 แบบ ที่ใช้ความดันระดับสูง และระยะเวลาในการคงความดันนาน คือที่ 600 MPa เวลา 40 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่าการใช้ความดัน และระยะเวลาในการคงความดันที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ถึงอย่างไรก็ตามระดับความดัน และระยะเวลาในการคงความดันที่ใช้ในการทดลองนี้ก็เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ ส่วนปริมาณยีสต์และรา พบว่ามีค่าน้อยกว่า 1 log CFU/mLในทุกสิ่งทดลอง ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และเชื้อ *E. coli* พบน้อยกว่า 3 MPN/mL ในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นทั้ง 2 แบบ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำใบบัวบก (มผช. 163/2552) ทั้งนี้การลดลงของจุลินทรีย์อาจมีผลเนื่องมาจากความความดันสูงทำให้เอนไซม์ภายในเซลล์จุลินทรีย์เกิดการเสียสภาพ ผนังเซลล์ถูกทำลาย ทำให้สูญเสียการซึมผ่านของสารอาหาร ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความดันสูงยิ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค สามารถยับยั้งเอนไซม์ ทำให้อาหารปลอดภัย และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ (Knorr, 1995; Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005) โดยทั่วไปประดับความดันที่ 300-600 MPa สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ (Smelt, 1998) และที่ระดับความดัน 300-700 MPa สามารถทำลายยีสต์และราในอาหารได้เช่นกัน (Bull *et al*., 2004) Garriga *et al.* (2004) ได้ศึกษาการแปรรูปน้ำมะเขือเทศ โดยใช้ความดันที่ 300-500 MPa อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 10 นาที พบว่าที่ความดัน 400 และ 500 MPa สามารถลดปริมาณยีสต์และราได้อย่างสมบูรณ์ ส่วน Hoover *et al.* (1989) พบว่าการใช้ความดันที่ 350 MPa เป็นเวลา 30 นาที และ 400 MPa เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดปริมาณเซลล์ของแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ถึง 10 เท่า นอกจากนั้นวัชราภรณ์ (2549) ยังรายงานว่าไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์แยมฝรั่งที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ 500-600 MPa อุณหภูมิ 30-50°ซ เป็นเวลา 20 นาที และ Laboissiere *et al.* (2007) รายงานว่าปริมาณยีสต์และราเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสมีค่าเท่ากับ 3.2 log CFU/mL และตรวจไม่พบการเจริญของยีสต์ และรา หลังจากให้ความดันแก่น้ำเสาวรส ที่ 300 MPa เป็นเวลา 5 นาที อุณหภูมิ25°ซ

ดังนั้นจากการพิจารณาคุณภาพโดยรวมซึ่งประกอบด้วยคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง คือ ที่ความดัน 600 MPa เวลา 40 นาที เนื่องจากการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่สภาวะดังกล่าวสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และก่อโรคลงได้มากกว่าหน่วยทดลองอื่น ($p \leq 0.05$) อีกทั้งยังช่วยถนอมสีกรดอะเซียติก แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ให้คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

4.3 ศึกษาคุณภาพของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

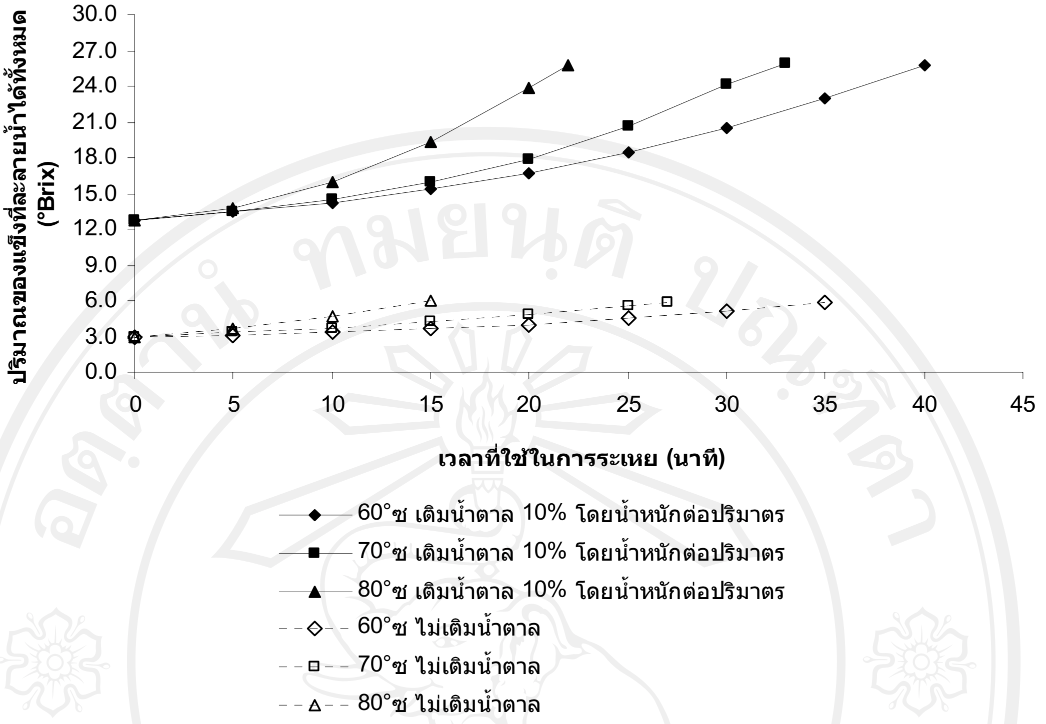
นำน้ำใบบัวบกที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนของใบบัวบกต่อน้ำดื่มเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วน โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% มาทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผันแปรอุณหภูมิของเครื่องระเหย 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80°ซ ทำการเพิ่มความเข้มข้นจนน้ำใบบัวบกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น 1 เท่า จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ได้ผลการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.1 ศึกษาระยะเวลาการแปรรูปน้ำใบบัวบกเข้มข้นโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

จากการระเหยน้ำใบบัวบกภายใต้สภาวะสุญญากาศชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ควบคุมอุณหภูมิของหม้อระเหย 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80°ซ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำใบบัวบกมาตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1 เท่า นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) เทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการระเหย (นาที) ดังรูป 4.1 พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล ระเหยที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ ใช้ระยะเวลาในการระเหย เท่ากับ 35 27 และ 15 นาที ตามลำดับ ส่วนน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% ระเหยที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ ใช้ระยะเวลาในการระเหย เท่ากับ 40 33 และ 22 นาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง (80°ซ) ใช้ระยะเวลาในการระเหยน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่อุณหภูมิต่ำ (60 และ 70°ซ) ซึ่งการแปรรูปโดยใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้นจะมีผลในการถนอมสารอาหาร รวมถึงลดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน สอดคล้องกับการศึกษาของ สมชายและคณะ (2553) ที่ได้ศึกษาการแปรรูปน้ำหม่อนเข้มข้นโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70°ซ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำหม่อนเข้มข้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการระเหยเพิ่มขึ้น โดยน้ำหม่อนเข้มข้นระเหยที่อุณหภูมิ 50°ซ ใช้ระยะเวลาในการระเหยนานที่สุดคือ 120 นาที รองลงมาคือที่ 60 และ 70°ซ โดยใช้ระยะเวลา 75 และ 65 นาที ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเทียบกับระยะเวลา (นาที) ที่ใช้ในการระเหยน้ำใบบัวบกภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

4.3.2 คุณภาพทางกายภาพของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

ผลของอุณหภูมิต่อค่าสีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ แสดงดังตาราง 4.6 และ 4.7 พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L a^* และ b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการระเหยสั้นจะมีแนวโน้มของค่าสี L และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a^* จะมีค่าลดลง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างมากขึ้น และเกิดสีน้ำตาลได้น้อยลง โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์จะมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของแคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ในตัวผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kormin (2005) พบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65°ซ เวลา 15 นาที และที่อุณหภูมิ 85°ซ เวลา 5 นาที ค่าสี L มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของตัวอย่างลดลง ซึ่งการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้นจะเกิดสีน้ำตาลได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำเวลานาน ซึ่งจะเห็นได้จากค่าสี a^* ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การสลายตัวของสารสี การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ (Martinez and Whitaker, 1995) เมื่อพิจารณาค่าสี L ของน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% พบว่ามีค่าต่ำกว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยา Maillard อันเกิดจากปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปในน้ำใบบัวบก (ปิยะมาศ, 2550) แต่ในทางตรงกันข้ามค่าสี *a** และ *b** ของน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% มีค่ามากกว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยา Maillard เช่นกัน

ตาราง 4.6 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่สภาวะต่างๆ

คุณภาพ	น้ำใบบัวบกเข้มข้นไม่เติมน้ำตาล		
	60°ซ (35 นาที)	70°ซ (27 นาที)	80°ซ (15 นาที)
คุณภาพทางกายภาพ			
L	30.28±0.02 [c]	30.74±0.04 [b]	31.03±0.03 [a]
*a**	5.95±0.03 [a]	5.87±0.02 [b]	5.29±0.03 [c]
*b**	82.83±0.03 [c]	83.27±0.03 [b]	83.96±0.07 [a]
คุณภาพทางเคมี			
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) [ns]	5.9±0.05	5.9±0.04	6.0±0.00
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) [ns]	6.53±0.96	6.61±0.58	6.58±0.31
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) [ns]	5.97±0.01	5.96±0.01	5.96±0.00
ปริมาณกรดอะเซียติก (mg/100 mL)	4.22±0.12 [c]	4.78±0.21 [b]	5.23±0.30 [a]
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL)	1.32±0.03 [a]	1.25±0.02 [b]	1.17±0.02 [c]
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg BCE/100 mL)	3.55±0.04 [c]	3.76±0.10 [b]	4.18±0.10 [a]
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 mL)	2.35±0.03 [c]	2.40±0.02 [b]	2.61±0.01 [a]
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/100 mL)	278.56±1.40 [c]	287.22±1.27 [b]	311.14±1.64 [a]

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns (non significant) หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่สภาวะต่างๆ

คุณภาพ	**น้ำใบบัวบกเข้มข้นเติมน้ำตาล 10%**		
	60°ซ (40 นาที)	**70°ซ (33 นาที)**	**80°ซ (22 นาที)**
คุณภาพทางกายภาพ			
L	28.07±0.02 ^{c}	28.73±0.04 ^{b}	29.17±0.03 ^{a}
*a**	7.45±0.03 ^{a}	7.31±0.03 ^{b}	6.97±0.02 ^{c}
*b**	83.85±0.02 ^{c}	83.98±0.06 ^{b}	85.87±0.07 ^{a}
คุณภาพทางเคมี			
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) ^{ns}	25.8±0.04	26.0±0.04	25.8±0.00
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) ^{ns}	26.09±0.16	26.23±0.29	26.28±0.23
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ^{ns}	5.88±0.01	5.86±0.00	5.89±0.00
ปริมาณกรดอะเซียติก (mg/100 mL)	4.21±0.11 ^{b}	4.49±0.10 ^{b}	4.82±0.20 ^{a}
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL)	1.21±0.01 ^{a}	1.18±0.02 ^{b}	1.09±0.02 ^{c}
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg BCE/100 mL)	3.39±0.10 ^{c}	3.61±0.10 ^{b}	4.02±0.10 ^{a}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 mL)	2.20±0.10 ^{b}	2.18±0.01 ^{b}	2.38±0.03 ^{a}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/100 mL)	291.13±1.68 ^{b}	283.64±1.27 ^{c}	305.57±0.98 ^{a}

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns (non significant) หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

4.3.3 คุณภาพทางเคมีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

ผลของอุณหภูมิในการระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพทางเคมี แสดงดังตาราง 4.6 และ 4.7 พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ (60 70 และ 80°ซ) ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และชนิดเติมน้ำตาล 10% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 25.8-26 และ 5.9-6.0 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 24.09-24.78 และ 5.36-5.61 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับความต้องการในการผลิตเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของน้ำใบบัวบกที่ใกล้เคียงกัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.95-5.96 และ 5.99-6.02 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ทำให้ง่ายต่อการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์

ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล หลังผ่านการแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่สภาวะต่างๆ

สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	**ชุดควบคุม (mg/100 mL)**	**การสูญเสีย (%)**		
		60°ซ (35 นาที)	**70°ซ (27 นาที)**	**80°ซ (15 นาที)**
ปริมาณกรดอะเซียติก	6.68±0.17	36.81^{a}	28.39^{b}	21.70^{c}
ปริมาณวิตามินซี	2.21±0.05	40.10^{c}	43.30^{b}	46.97^{a}
ปริมาณแคโรทีนอยด์[1]	5.74±0.03	38.10^{a}	34.54^{b}	27.13^{c}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	3.84±0.01	39.17^{a}	37.50^{b}	31.98^{c}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด[2]	512.27±2.66	45.62^{a}	43.93^{b}	39.26^{c}

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1]BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

[2]GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียคำนวณเทียบจากสารที่มีอยู่เดิม 100% ในน้ำใบบัวบกชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% หลังผ่านการแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่สภาวะต่างๆ

สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	ชุดควบคุม (mg/100 mL)	การสูญเสีย (%)		
		60°ซ (40 นาที)	70°ซ (33 นาที)	80°ซ (22 นาที)
ปริมาณกรดอะเซียติก	6.11±0.03	31.02 ^{a}	26.45 ^{a}	21.13 ^{b}
ปริมาณวิตามินซี	1.98±0.10	38.70 ^{c}	40.55 ^{b}	44.94 ^{a}
ปริมาณแคโรทีนอยด์[1]	5.43±0.01	37.50 ^{a}	33.44 ^{b}	26.37 ^{c}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	3.51±0.00	37.86 ^{a}	37.77 ^{a}	32.14 ^{b}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด[2]	486.64±1.84	40.18 ^{b}	41.71 ^{a}	37.20 ^{c}

หมายเหตุ เปรียบเทียบตามแนวนอน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1]BCE (beta-carotene equivalent) หมายถึง ปริมาณแคโรทีนอยด์คำนวณเทียบจากค่าของเบตาแคโรทีนต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

[2]GAE (gallic acid equivalent) หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดคำนวณเทียบจากค่าของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียคำนวณเทียบจากสารที่มีอยู่เดิม 100% ในน้ำใบบัวบกชุดควบคุม

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะเซียติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ มีผลต่อปริมาณกรดอะเซียติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำใบบัวบกที่ใช้ระยะเวลาในการระเหยสั้นจะมีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวคงเหลือมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอื่น โดยพบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ระเหยโดยใช้อุณหภูมิ 80°ซ สามารถถนอมสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (กรดอะเซียติก) ได้มากกว่าการระเหยที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ หลังผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ จะมีค่าเท่ากับ 36.18 28.39 21.70 และ 31.02 26.45 21.13 ตามลำดับ (ตาราง 4.8 และ 4.9) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการระเหยสั้น สามารถถนอมสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิในการระเหยต่ำเวลานาน

เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซี พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ระเหยโดยใช้อุณหภูมิ 60°ซ มีปริมาณวิตามินซีคงเหลือมากกว่าการระเหยที่อุณหภูมิ 70 และ 80°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ หลังผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ จะมีค่าเท่ากับ 40.10 43.30 46.97 และ 38.70 40.55 44.94 ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าวิตามินซีมีความไวต่อความร้อนสูงเพราะวิตามินซีเป็นสารรีดิวซิงที่ไม่เสถียร และสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน แสง อากาศ และโลหะหนัก เช่น ทองแดงไอออน และเหล็กไอออน โดย Kormin (2005) พบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65°ซ เวลา 15 และ 90°ซ เวลา 1 นาที จะเกิดการสูญเสียวิตามินซีคิดเป็น 58 และ 67% ตามลำดับ นอกจากนี้ Nicoli *et al.* (1997) รายงานว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศจะมีค่าลดลงคิดเป็น 55% หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 95°ซ เป็นเวลา 30 นาที และ Kaack and Austed (1998) รายงานว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศจะมีค่าลดลงคิดเป็น 38-42% หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 10 นาที

เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ระเหยโดยใช้อุณหภูมิ 80°ซ มีปริมาณแคโรทีนอยด์คงเหลือมากกว่าการระเหยที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ หลังผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ จะมีค่าเท่ากับ 38.10 34.54 27.13 และ 37.50 33.44 26.37 ตามลำดับ โดย อรุณี (2552) กล่าวว่าการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ในโมเลกุลรวมถึงการเปลี่ยนรูปของไอโซเมอร์ (isomerization) จากทรานส์ไปเป็นซีส เนื่องจากความร้อน กรด และแสง นอกจากนั้นเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ซัลไฟด์ และไอออนของโลหะ จะเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารแคโรทีนอยด์ได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดน้อยลง นอกจากนั้น Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าปริมาณสารเบตาแคโรทีนในน้ำใบบัวบก จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำใบบัวบกที่อุณหภูมิ 90°ซ เวลา 3 นาที และ 121°ซ เวลา 4 นาที โดยปริมาณสารเบตาแคโรทีนจะมีค่าลดลงจาก 2.50 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 2.39 และ 2.26 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วน Hsu *et al.* (2008) รายงานว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมะเขือเทศจะมีค่าลดลงมากกว่า 15%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 98°ซ เป็นเวลา 15 นาที และ Miki and Akatsu (1970) พบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 90 100 และ 130°ซ เป็นเวลา 7 นาที จะมีการลดลงของแคโรทีนอยด์ในน้ำมะเขือเทศ คิดเป็น 1.1 1.7 และ 17.1% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ระเหยโดยใช้อุณหภูมิ 80°ซ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดคงเหลือมากกว่าการระเหยที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ หลังผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ จะมีค่าเท่ากับ 39.17 37.50 31.98 และ 37.86 37.77 32.14 ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของคลอโรฟิลล์จะมีผลเนื่องมาจาก ความร้อน กรด โลหะ และเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (อรุณี, 2552) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ไปเป็นฟีโอไฟติน และอนุพันธ์อื่นๆ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสีจากสีเขียวสว่างไปเป็นสีเขียวมะกอกและสีน้ำตาลได้ (Gupta *et al.,* 1964) นอกจากนั้น Labuza and Baisier (1992) พบว่าคลอโรฟิลล์จะไม่มีความคงตัวเมื่อได้รับความร้อน และผลของความร้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์นั้นจะมีผลมาจากการใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาในการแปรรูปที่นาน

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ระเหยโดยใช้อุณหภูมิ 80°ซ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คงเหลือมากกว่าการระเหยที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ หลังผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°ซ จะมีค่าเท่ากับ 45.62 43.93 39.26 และ 40.18 41.71 37.20 ตามลำดับ โดย Kormin (2005) รายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกจะมีค่าลดลง หลังจากให้ความร้อนแก่น้ำใบบัวบกที่อุณหภูมิ 65°ซ เวลา 15 นาที และ 85°ซ เวลา 5 นาที โดยจะเกิดการสูญเสียสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบก คิดเป็น 49 และ 45% ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จะใช้สารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Nicoli, 1999) นอกจากนั้น Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในน้ำใบบัวบกจะมีค่าลดลงหลังจากให้ความร้อนแก่น้ำใบบัวบกที่อุณหภูมิ 90°ซ เวลา 3 นาที และ 121°ซ เป็นเวลา 4 นาที โดยจะมีค่าลดลงจาก 988.54 มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 235.75 และ 158.13 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ

4.3.4 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นทั้ง 2 แบบ ที่ใช้อุณหภูมิในการระเหยสูง (80°ซ) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่าการระเหยโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (60 และ 70°ซ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ถึงอย่างไรก็ตาม การระเหยน้ำใบบัวบกเข้มข้นโดยใช้อุณหภูมิทั้ง 3 นี้ก็สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลงได้ต่ำกว่า 4 log CFU/mL ส่วนปริมาณยีสต์และรา พบว่าการแปรรูปทั้ง 3 อุณหภูมิ สามารถลดปริมาณยีสต์และราลงได้ต่ำกว่า 1 log CFU/mL ในทุกสิ่งทดลอง ทั้งนี้ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และเชื้อ *E. coli* พบน้อยกว่า 3 MPN/mL ในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำใบบัวบก (มผช. 163/2552) โดยการลดลงของจุลินทรีย์อาจเป็นผลเนื่องมาจากความร้อนทำให้โปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์เกิดการจับตัวและตกตะกอน (coagulation) รวมถึงเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ถูกทำลายในระหว่างกระบวนการแปรรูป เป็นผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (สุมาลี, 2541) สอดคล้องกับการศึกษาของ เรวัตร (2549) พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°ซ เป็นเวลา 30-120 วินาที

ดังนั้นจากการพิจารณาคุณภาพโดยรวมซึ่งประกอบด้วยคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ คือ 80°ซ เวลา 15 และ 22 นาที ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศที่สภาวะดังกล่าวสามารถถนอมสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งได้แก่ กรดอะเซียติก แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ให้คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด อีกทั้งคุณภาพทางกายภาพ และจุลชีววิทยายังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ แสดงดังตาราง 4.10 และ 4.11

น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งจะมีสีเขียวสด และมีสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งได้แก่ กรดอะเซียติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คงเหลืออยู่มากกว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เนื่องจากเทคนิคความดันสูงยิ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนในการแปรรูปอาหารจึงไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบของอาหารที่ไวต่อความร้อน อีกทั้งกระบวนการความดันสูงยิ่งยังช่วยถนอมสี กลิ่น คุณค่าทางอาหารและรสเดิมของอาหารไม่ให้สูญเสียในระหว่างกระบวนการแปรรูปได้ (Apichartsrangkoon *et al.*, 1998) นอกจากนั้นยังส่งผลให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในน้ำใบบัวบกเข้มข้นหลังผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งเปรียบเทียบกับการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	**การสูญเสีย (%)**			
	น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้น ชนิดไม่เติมน้ำตาล แปรรูปโดย HP (600 MPa 40 นาที)	น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้น ชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดย HP (600 MPa 40 นาที)	น้ำใบบัวบกเข้มข้น ชนิดไม่เติมน้ำตาล แปรรูปโดย Evap (80°ซ 15 นาที)	น้ำใบบัวบกเข้มข้น ชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดย Evap (80°ซ 22 นาที)
ปริมาณกรดอะเซียติก	4.62	4.60	21.70	21.13
ปริมาณวิตามินซี	28.74	26.78	46.97	44.94
ปริมาณแคโรทีนอยด์	6.99	5.20	27.13	26.37
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	11.02	8.56	31.98	32.14
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด	24.52	20.22	39.26	37.20

หมายเหตุ HP หมายถึง ความดันสูงยิ่ง

Evap หมายถึง การเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียคำนวณเทียบกับสารที่มีอยู่เดิม 100% ในน้ำใบบัวบกชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ข้อดีและข้อเสียของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งและการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ

วิธีการแปรรูป	ข้อดี	ข้อเสีย
แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง	1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสดและสีใกล้เคียงกับธรรมชาติมากกว่า	1. ปริมาณการแปรรูปต่อครั้งน้อยกว่า
	2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคงเหลืออยู่มากกว่า	2. ต้นทุนกระบวนการผลิตโดยรวมสูงกว่า
	3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์น้อยกว่า	3. การดูแลรักษาเครื่องทำได้ยากกว่า
	4. เป็นเทคโนโลยีที่สะอาดและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	
แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ	1. การดูแลรักษาเครื่องทำได้ง่ายกว่า	1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำเกิดสีน้ำตาลมากกว่า
	2. ต้นทุนกระบวนการผลิตโดยรวมต่ำกว่า	2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคงเหลืออยู่น้อยกว่า
	3. ปริมาณการแปรรูปต่อครั้งสูงกว่า	3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำใบบัวบกเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

คัดเลือกน้ำใบบัวบกเข้มข้นสภาวะที่ดีที่สุดจากผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ได้แก่ น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง ที่ความดัน 600 MPa เป็นเวลา 40 นาที และน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80°ซ เวลา 15 และ 22 นาที ตามลำดับ โดยน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งจะบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ส่วนน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่เพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศจะบรรจุในถุงไนลอนลามิเนต จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จุลินทรีย์เจริญได้ช้า รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เกิดขึ้นได้ช้าด้วย โดยสุ่มตรวจตัวอย่างทุกๆ 7 วัน จนพบการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก (มผช.163/2552) หรือเป็นระยะเวลา 28 วัน โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา มีผลการทดลองดังนี้

4.5.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของน้ำใบบัวบกเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้น (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าค่าสี L *a** และ *b** ของน้ำใบบัวบกเข้มข้น (ชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10%) ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งจะมีค่าสี L และ *b** เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี *a** จะมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาค่าสีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะ พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าสีแดง (*a**) เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (*b**) ของตัวอย่างลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษา โดย นิธิยา (2551) กล่าวว่าผักและผลไม้ที่มีสีเขียวเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนสีเขียวของคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำตาลของฟีโอไฟตินอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำไปเก็บรักษาสีของคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนแปลงมากขึ้น โดยอัตราเร็วของการเปลี่ยนสีของคลอโรฟิลล์ ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษา โดยปริมาณกรดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวก ข) นอกจากนั้น อรุณีและคณะ (2553) พบว่าการเก็บรักษาชาใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

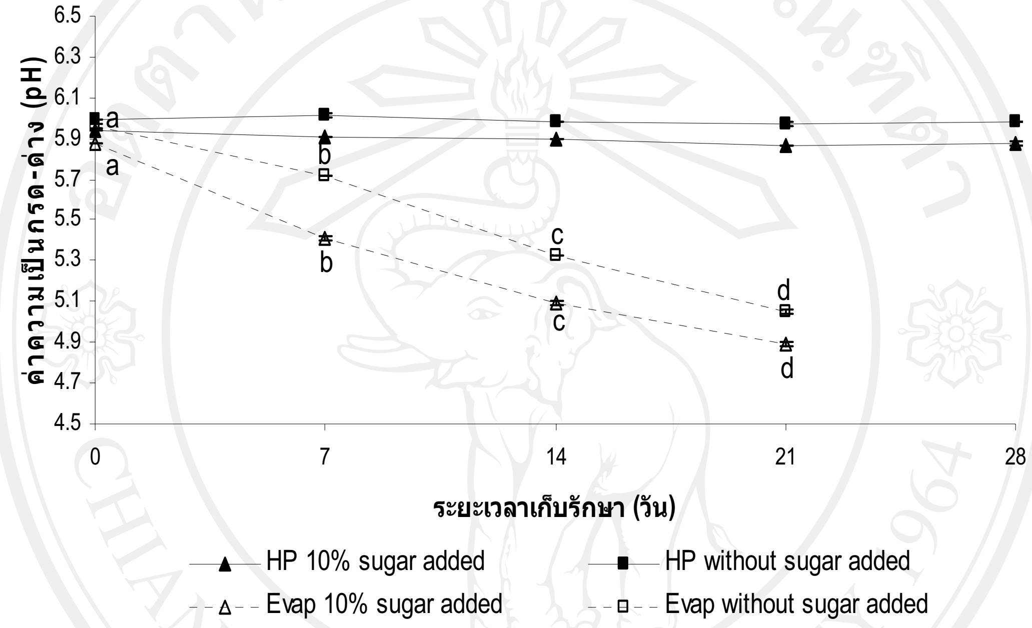
4 และ 40°ซ เป็นเวลา 90 วัน จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L *a** และ *b** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และ ปิยะมาศ (2550) ได้รายงานว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งจะมีค่าสี L* C* และ h° ต่ำกว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอไรซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าสี C* และ h° ของน้ำใบบัวบกจะมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่น้ำใบบัวบกเก็บที่อุณหภูมิ 4°ซ จะมีค่าสี C* และ h° ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับค่าสี L* พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทุกสิ่งทดลอง

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำใบบัวบกเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ ดังรูป 4.2 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารอาหารในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าเมื่อจุลินทรีย์เจริญ จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลโดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโต และผลิตกรดขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลง (สุมาลี, 2541) ปิยะมาศ (2550) รายงานว่าการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกที่อุณหภูมิ 4°ซ และอุณหภูมิห้อง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำใบบัวบก โดยพบว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์มีค่าลดลง ในขณะที่การเก็บที่ 4°ซ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำใบบัวบกค่อนข้างคงที่ อีกทั้งยังพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง อย่างรวดเร็วหลังจากเก็บไว้ 1 สัปดาห์ โดยลดลงจาก 5.80 เป็น 4.43 และ 4.03 สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอไรซ์ ตามลำดับ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ยังคงลดลงอีกเป็น 3.67 และ 3.83 ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอไรซ์ ตามลำดับ นอกจากนั้น Esteve *et al.* (2005) พบว่าการเก็บรักษาน้ำส้มที่อุณหภูมิ 4 และ 10°ซ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จะมีแนวโน้มของค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปทั้ง 2 วิธี พบว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย Wongfhun *et al.* (2009) ได้ศึกษาการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ และสเตอริไลซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

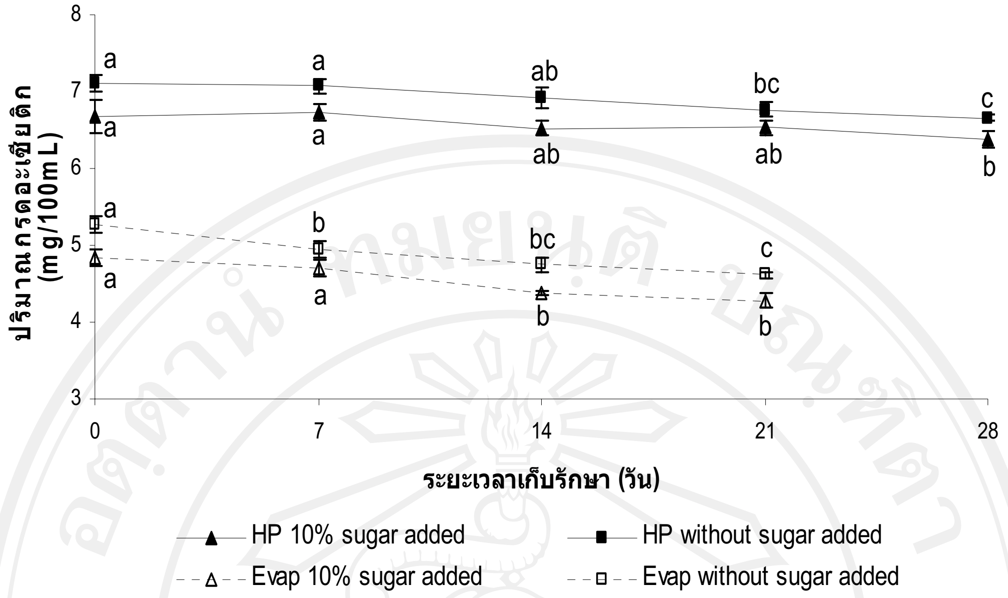
รูป 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ ดังรูป 4.3-4.7

รูป 4.3 แสดงปริมาณกรดอะเซียติกที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงจาก 7.11 และ 6.67 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 6.65 และ 6.38 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 5.28 และ 4.83 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 4.61 และ 4.28 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ อรุณีและคณะ (2553) พบว่าการเก็บรักษาเยลลีน้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 90 วัน และที่ 30°ซ เป็นเวลา 30 วัน มีการลดลงของปริมาณกรดอะเซียติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยปริมาณกรดอะเซียติกในเยลลีน้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าลดลงจาก 3.56 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 2.65 และ 2.59 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดอะเซียติกในเยลลีน้ำใบบัวบกที่อบแห้งด้วยเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ มีค่าลดลงจาก 4.49 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 3.38 และ 3.19 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ แต่ตรงข้ามกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.* (2009) รายงานว่าการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกที่แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ และสเตอริไลซ์ ปริมาณสารประกอบในกลุ่มไตรเทอร์พีนในรูปไกลโคไซด์ เช่น อะเซียติกโคไซด์ และแมสดิแคสซิกโคไซด์ จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 4 เดือน นอกจากนั้น Sapkoet (2007) ได้ศึกษาการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกผงพร้อมชงดื่มที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 40°ซ พบว่าปริมาณกรดอะเซียติก และกรดแมดดิแคสสิก มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

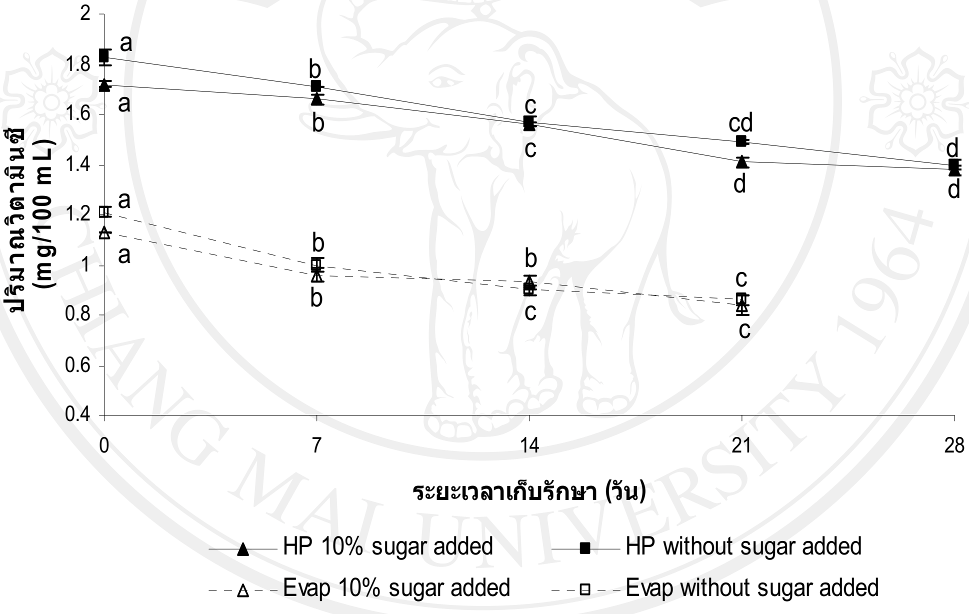
Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

รูป 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะเซียติกในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

รูป 4.4 แสดงปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง มีค่าลดลงจาก 1.83 และ 1.72 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 1.4 และ 1.38 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศก็

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 1.21 และ 1.13 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 0.86 และ 0.84 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ และสเตอริไลซ์ จะมีการลดลงของวิตามินซีในน้ำใบบัวบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 4 เดือน และ Krebbers *et al.* (2002) รายงานว่าถั่วเขียวที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่เท่ากับ 76% ในขณะที่ถั่วเขียวที่ผ่านความร้อนที่ 90°ซ เป็นเวลา 4 นาที มีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่น้อยกว่า 10% และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีคือระยะเวลาในการเก็บรักษา และอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

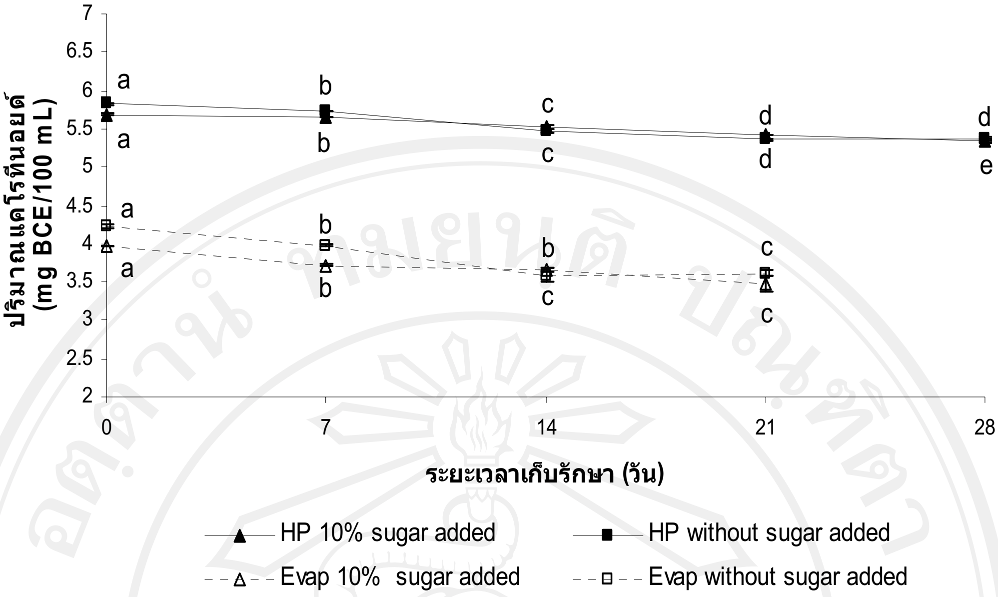
Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

รูป 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.5 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการแปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง มีค่าลดลงจาก 5.83 และ 5.69 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 5.38 และ 5.33 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 4.23 และ 3.97 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 3.61 และ 3.47 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้การลดลงของแคโรทีนอยด์อาจมีผลเนื่องมาจากออกซิเจน เมื่อแคโรทีนอยด์สัมผัสกับออกซิเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ในโครงสร้างของโมเลกุลจะทำให้เกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ สารประกอบคาบอนิค และสารระเหยอื่นๆ รวมถึงเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสจะเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแคโรทีนอยด์ได้เร็วขึ้นและมีผลทำให้สีของแคโรทีนอยด์ซีดจางลงได้ โดย อรุณีและคณะ(2553) พบว่าการเก็บรักษาชาใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40°ซ เป็นเวลา 90 วัน มีการลดลงของแคโรทีนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยชาใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าลดลงจาก 7.29 เหลือ 5.25 และ 3.21 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ในชาใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 7.09 เหลือ 5.52 และ 4.27 มิลลิกรัมสมมูลของเบตาแคโรทีนต่อหนึ่งร้อยกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

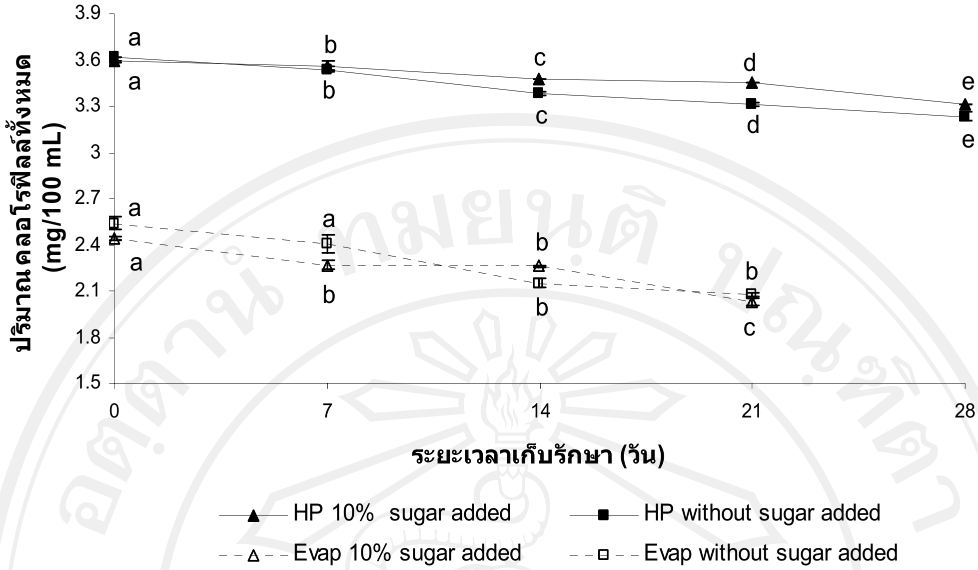
รูป 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงจาก 3.62 และ 3.59 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 3.23 และ 3.31 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณ

คลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 2.54 และ 2.44 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 2.08 และ 2.03 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีปัจจัยเช่นเดียวกับการลดลงของแคโรทีนอยด์ สอดคล้องกับการศึกษาของ อรุณีและคณะ (2553) พบว่าการเก็บรักษาเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 90 วัน และ 30°ซ เป็นเวลา 30 วัน มีการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเยลลีน้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าลดลงจาก 1.64 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 0.88 และ 0.82 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเยลลีน้ำใบบัวบกที่อบแห้งด้วยเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 1.78 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 0.95 และ 0.91 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ นอกจากนั้น ปิยะมาศ (2550) รายงานว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ โดยอุณหภูมิของการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ Gross (1987) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำผลไม้สกัดบรรจุกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

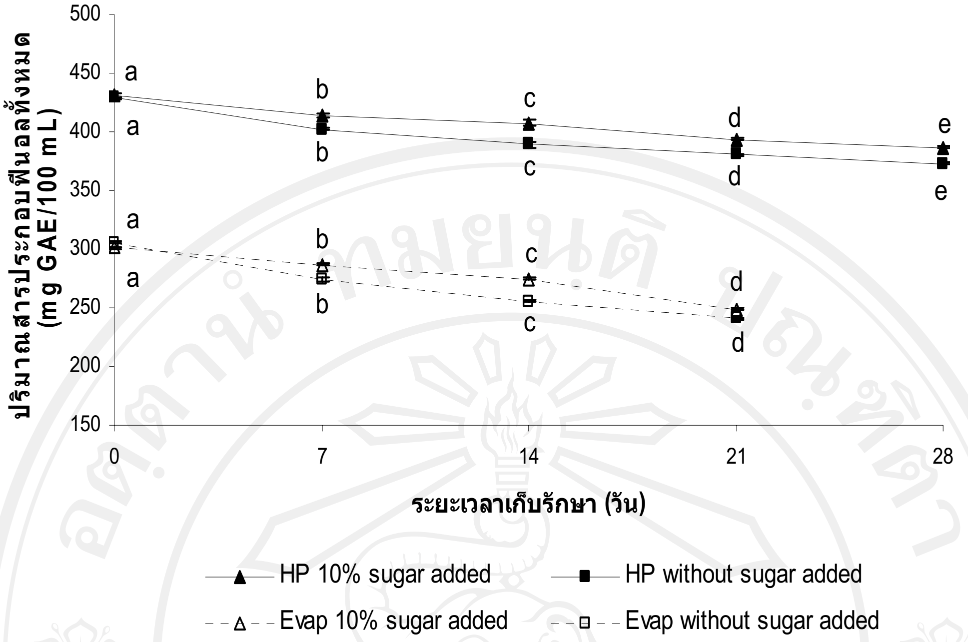
รูป 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

รูป 4.7 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงจาก 428.83 และ 430.69 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 372.62 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

386.73 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 305.77 และ 301.52 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร เหลือ 240.52 และ 248.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ อรุณีและคณะ (2553) พบว่าการเก็บรักษาเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 90 วัน และ 30°ซ เป็นเวลา 30 วัน มีการลดลงของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเยลลีน้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าลดลงจาก 121 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 82.4 และ 69.1 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเยลลีน้ำใบบัวบกที่อบแห้งด้วยเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยลดลงจาก 162 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยกรัม เหลือ 104 และ 88.2 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในกราฟเส้นเดียวกัน แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

HP 10% sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

HP without sugar added = น้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยความดันสูงยิ่ง

Evap 10% sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

Evap without sugar added = น้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

รูป 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาลและชนิดเติมน้ำตาล 10% แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง และการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 28 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าน้ำใบบัวบกเข้มข้นที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจากปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำใบบัวบกเข้มข้นแปรรูปโดยการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศมีปริมาณมากกว่าน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง จึงทำให้ในระหว่างการเก็บรักษาพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณที่มากกว่า โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกสกัดเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่แปรรูปโดยเทคนิคความดันสูงยิ่ง จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 1 log CFU/mL ส่วนปริมาณยีสต์และรา พบว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (น้อยกว่า 1 log CFU/mL) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้พบปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และเชื้อ *E. coli* ในน้ำใบบัวบกเข้มข้นทุกสภาวะ มีค่าน้อยกว่า 3 MPN/mL หรือตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเข้มข้นชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.65 และ 2.87 log CFU/mL ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.52 และ 4.86 log CFU/mL ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำใบบัวบก (มผช.163/2552) โดย ปิยะมาศ (2550) ได้รายงานว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 1 log CFU/mL และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าตัวอย่างน้ำใบบัวบกทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ยกเว้นน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 1 log CFU/mL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับยีสต์และรา พบว่าน้ำใบบัวบกทุกสภาวะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (น้อยกว่า 1 log CFU/mL) นอกจากนั้น Wongfhun *et al.* (2009) พบว่าการเก็บรักษาน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาล และชนิดเติมน้ำตาล 10% ที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 4°ซ และน้ำใบบัวบกที่ผ่านการสเตอริไลซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40°ซ จะไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Clostridium perfingens* ในทุกสิ่งทดลอง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน นอกจากนั้นปริมาณ *E. coli* พบน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL และยีสต์และรา พบน้อยกว่า 30 CFU/mL ในทุกสิ่งทดลอง โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกชนิดไม่เติมน้ำตาลจะมีค่าเพิ่มขึ้น 35 CFU/mL ในสัปดาห์ที่ 9 เป็น 187 CFU/mL ในสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างน้ำใบบัวบกชนิดเติมน้ำตาล 10% จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 7 คือ 31 CFU/mL เป็น 258 CFU/mL ในสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ อีกทั้ง Honska *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลของความดันสูงยิ่งต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด คุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงความเข้มข้นของสาร sulforaphane ในน้ำบรอคโคลี่ พบว่าการให้ความดันแก่น้ำบรอคโครีที่ 500 MPa เป็นเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10 นาที สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดลงได้มากถึง 5 log CFU/mL เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ยังปราศจากเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา และ *Salmonella species* และยังคงคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสาร sulforaphane ได้ และสามารถเก็บรักษาได้ถึง 30 วัน ในสภาวะอุณหภูมิแช่เย็น (อุณหภูมิไม่เกิน 5°ซ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved