บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมน้ำใบบัวบกพร้อมดื่มด้วยความดันสูงยิ่ง

นำบัวบกสดส่วนก้านและใบมาล้างให้สะอาด หั่นฝอย ปั่นผสมน้ำให้ละเอียด กรองเอาส่วนใส เติมส่วนผสมแล้วนำไปผ่านความดันที่สภาวะต่างๆ โดยมีการแปรผันค่าของความดัน (400, 500 และ 600 MPa) อุณหภูมิ (30, 40 และ 50°C) และเวลา (20 และ 40 นาที) จากนั้นนำน้ำใบบัวบกที่ผ่านสภาวะดังกล่าวมาตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา สำหรับลักษณะกายภาพภายนอกที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า พบว่าไม่พบการตกตะกอนและไม่มีความแตกต่างของสีอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 4.1 ค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและ อุณหภูมิ เป็นเวลา 20 นาที

ค่าสี	ความดัน	อุณหภูมิ (°C)		
	MPa	30	40	50
L*	400	52.52±0.02 ^{Ac}	59.24±0.15 ^{Bb}	60.60±0.11 ^{Ca}
	500	49.09±0.02 ^{Bc}	60.36±0.07 ^{Ab}	61.11±0.12 ^{Ba}
	600	46.61±0.08 ^{Cc}	58.93±0.05 ^{Cb}	61.62±0.16 ^{Aa}
C*	400	78.44±0.05 ^{Aa}	76.20±0.03 ^{Cb}	76.24±0.10 ^{Ab}
	500	75.81±0.10 ^{Bb}	76.34±0.05 ^{Ba}	75.75±0.05 ^{Bb}
	600	73.43±0.11 ^{Cc}	77.00±0.02 ^{Aa}	75.66±0.09 ^{Bb}
H°	400	94.20±0.02 ^{Ab}	94.30±0.01 ^{Aa}	93.83±0.02 ^{Bc}
	500	94.28±0.13 ^{Aa}	93.95±0.06 ^{Bb}	93.85±0.04 ^{Bb}
	600	94.16±0.01 ^{Aa}	93.69±0.01 ^{Cc}	93.97±0.01 ^{Ab}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งแล้ว จะมีสีเขียวสดกว่าน้ำใบบัวบกที่ไม่ผ่านความดันสูงยิ่ง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการใช้ความดันสูงยิ่งช่วง 100-800 MPa ในการแปรรูปผักและผลิตภัณฑ์ไปทำลายคลอโรพลาสต์ (chloroplasts) ซึ่งเป็นผลทำให้คลอโรฟิลล์รั่วซึมออกไปยังช่องว่างระหว่างเซลล์ได้ (Krebbers *et al*., 2003) ซึ่งปรากฏการณ์นี้เองที่ทำให้สีเขียวของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งใหม่ๆ มีสีเขียวสดใส

สำหรับการตรวจสอบค่าสี ผู้วิจัยได้ใช้ระบบ CIE L*C*H° วัดแบบ transmission ที่ช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab (Model Color Quest XE, USA) โดยเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:4 ตรวจสอบน้ำใบบัวบกที่สภาวะต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำใบบัวบกจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โดยที่ให้ค่าของความดันคงที่ อย่างไรก็ตามค่าความเข้ม (C*) และค่าสีที่แท้จริง (H°) จะมีความแปรผันและมีแนวโน้มไม่ชัดเจน ยกเว้นในบางสภาวะ เช่น ที่ความดัน 400 MPa พบว่าค่าความเข้ม (C*) ของน้ำใบบัวบกจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จาก 69.12 เป็น 76.83 (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และ อุณหภูมิ เป็นเวลา 40 นาที

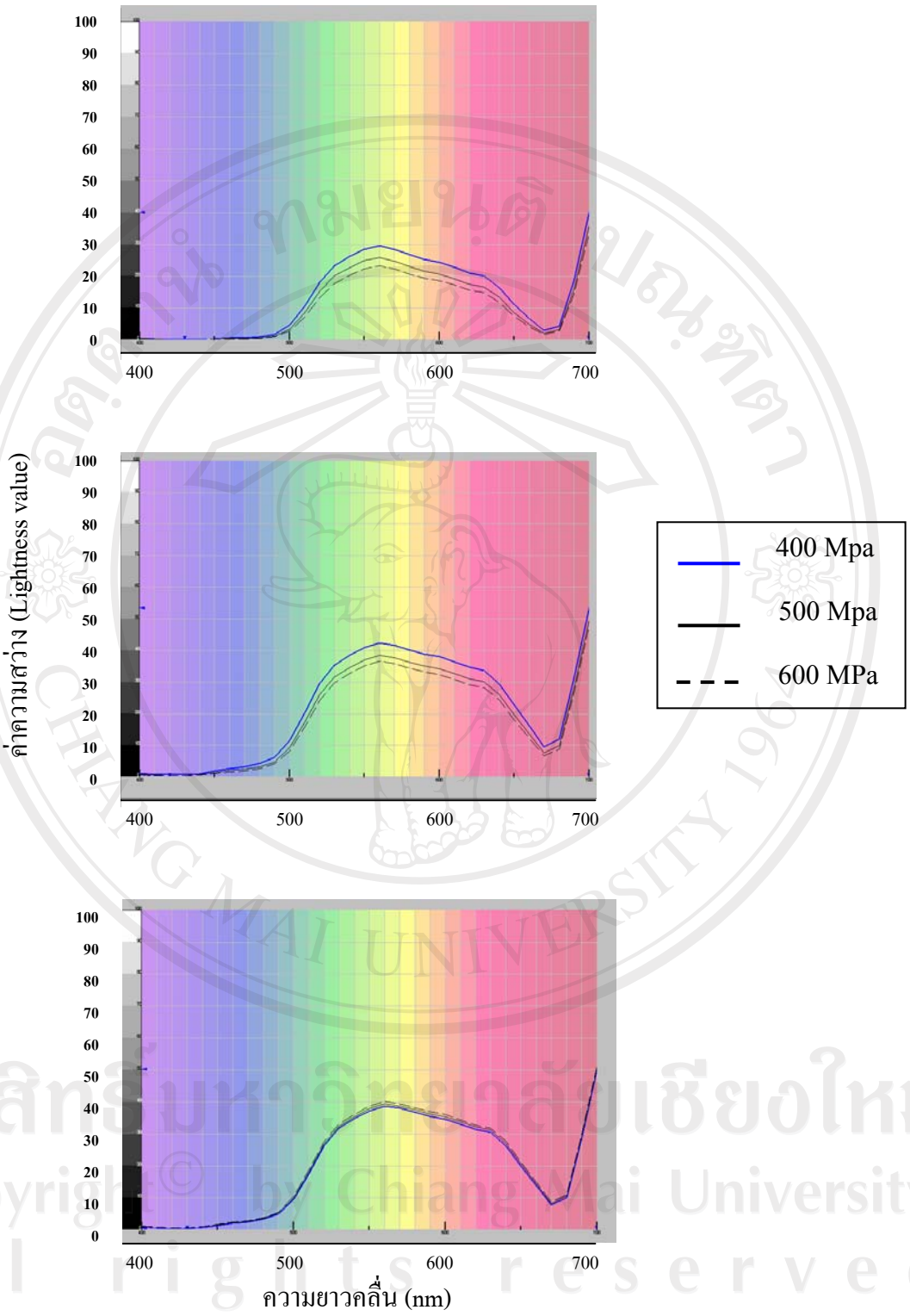
ค่าสี	ความดัน	อุณหภูมิ (°C)		
	MPa	30	40	50
L*	400	43.02±0.14 ^{Cb}	60.94±0.57 ^{ABa}	61.18±0.11 ^{Ca}
	500	47.78±0.09 ^{Ac}	61.39±0.06 ^{Ab}	62.86±0.12 ^{Aa}
	600	43.90±0.04 ^{Bc}	60.62±0.07 ^{Bb}	61.53±0.04 ^{Ba}
C*	400	69.12±0.02 ^{Cc}	74.43±0.07 ^{Cb}	76.83±0.06 ^{Aa}
	500	74.64±0.01 ^{Ab}	75.91±0.01 ^{Ba}	74.66±0.02 ^{Cb}
	600	70.12±0.02 ^{Bc}	76.67±0.02 ^{Aa}	75.86±0.01 ^{Bb}
H°	400	94.61±0.08 ^{Aa}	94.05±0.01 ^{Ac}	94.20±0.01 ^{Ab}
	500	94.35±0.03 ^{Ba}	98.03±0.02 ^{Ab}	93.96±0.04 ^{Bc}
	600	94.61±0.01 ^{Aa}	94.02±0.02 ^{Ab}	93.61±0.03 ^{Cc}

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

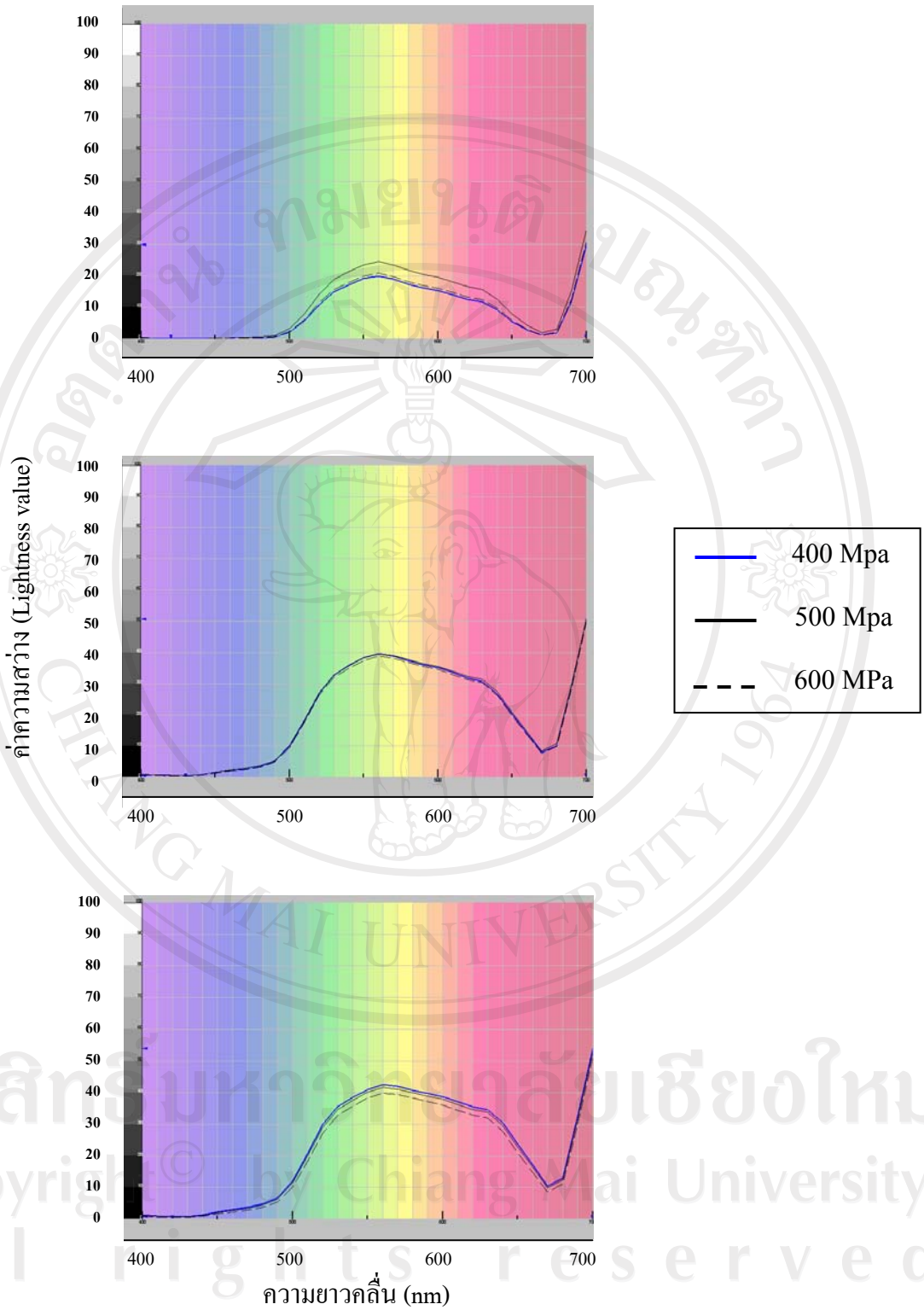
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 ผลของความดันสูงยิ่ง และ อุณหภูมิ ที่เวลา 20 นาที ต่อค่าสี ของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก โดย a) อุณหภูมิ 30°C, b) อุณหภูมิ 40°C และ c) อุณหภูมิ 50°C ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 ผลของความดันสูงยิ่ง และ อุณหภูมิ ที่เวลา 40 นาที ต่อค่าสี ของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก โดย a) อุณหภูมิ 30°C, b) อุณหภูมิ 40°C และ c) อุณหภูมิ 50°C ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสีที่พบ L* อยู่ในช่วง 43–47, C* ประมาณ 70 และ H° ประมาณ 94 แสดงว่าเป็นค่าสีเขียวอมเหลืองซึ่งเป็นส่วนผสมของคลอโรฟิลล์ร่วมกับแคโนทีนอยด์ ตามรูปที่ 4.1 และ 4.2 และจากรูปดังกล่าว จะเห็นว่าค่าสีเหลืองและแดงเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการแปรรูปที่เพิ่มขึ้นในหน่วยทดลองความดันเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากปฏิกิริยา maillard ที่เร่งด้วยอุณหภูมิ อันเกิดจากปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปและปริมาณโปรตีนในบัวบก 1.8 กรัม/100 กรัม (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านปัจจัยความดันสูงยิ่ง อุณหภูมิ และ เวลา

ปัจจัย	ความแตกต่างทางสถิติ		
	L*	C*	H°
ความดันสูงยิ่ง	s	s	s
อุณหภูมิ	s	s	s
เวลา	s	s	s
ความดันสูงยิ่ง x อุณหภูมิ	s	s	s
ความดันสูงยิ่ง x เวลา	s	s	s
อุณหภูมิ x เวลา	s	s	s
ความดันสูงยิ่ง x อุณหภูมิ x เวลา	s	s	s

หมายเหตุ : s = แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยเดี่ยวและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ดังตารางที่ 4.3 พบว่า ความดันสูงยิ่ง อุณหภูมิ และ เวลา มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูงยิ่งและอุณหภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูงยิ่งและเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูงยิ่ง อุณหภูมิ และ เวลา ต่างมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน

สำหรับค่า pH ของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างน้ำใบบัวบกสด คือ 6.00±0.10 ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การใช้ความดันสูงยิ่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยน pH

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและ อุณหภูมิ เป็นเวลา 20 นาที

ความดัน (MPa)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/ml)	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (log cfu/ml)
Control		>4	2.67
400	30	3.51	<1
	40	3.42	<1
	50	3.28	<1
500	30	3.63	<1
	40	3.32	<1
	50	3.16	<1
600	30	3.33	<1
	40	2.65	<1
	50	2.48	<1

ในส่วนของคุณภาพด้านจุลชีววิทยา ได้ตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และรา พบว่า น้ำใบบัวบกที่ผ่านสภาวะดังกล่าวทั้งหมดจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และราลดลงอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำใบบัวบกสดซึ่งมีปริมาณ >4 และ 2.67 log cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) และอยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมผช. 163/2546 ที่ระบุไว้ว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และราต้องมีค่าน้อยกว่า $1x10^4$ และ $1x10^2$ cfu/ml ตามลำดับ (หรือน้อยกว่า 4 และ 2 log cfu/ml ตามลำดับ) ผลของการใช้ความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา พบว่ามีส่วนช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่อาจจะปนเปื้อนมาในผลิตภัณฑ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และพบว่าความดันสูงยิ่งมีผลต่อการทำลายเชื้อยีสต์และราอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า มีปริมาณเชื้อยีสต์และรา <1 log cfu/ml ทุกสภาวะ สอดคล้องกับรายงานของ Ledward *et al.* (1998) และ Tahiri *et al*. (2006) พวกโปรคาริโอท (Prokaryote) เช่น ยีสต์และรานี้ จะถูกทำลายได้ง่ายที่ความดันประมาณ 400 MPa

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และ อุณหภูมิ เป็นเวลา 40 นาที

ความดัน (MPa)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/ml)	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (log cfu/ml)
Control		>4	2.67
400	30	3.10	<1
	40	3.35	<1
	50	3.13	<1
500	30	3.49	<1
	40	3.16	<1
	50	2.90	<1
600	30	2.60	<1
	40	2.40	<1
	50	<1	<1

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่าน้ำใบบัวบกพร้อมดื่มด้วยความดันสูงยิ่งจะมีความแตกต่างทางด้านกายภาพ (ค่าสี C* และ H°) เพียงเล็กน้อย แต่ลักษณะโดยรวมไม่แตกต่าง และเมื่อทำการตรวจสอบด้านคุณภาพจุลชีววิทยา พบว่าที่สภาวะความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 50°C เวลา 40 นาที มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด <1 log cfu/ml ซึ่งถือว่าเป็นสภาวะที่ดีที่สุด จึงเลือกสภาวะดังกล่าว มาศึกษาเพิ่มเติมถึงระยะเวลาในการเก็บรักษา

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งในระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำใบบัวบกในสภาวะที่เหมาะสม (ความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 50°C เวลา 40 นาที) มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา โดยเปรียบเทียบกับน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 น้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (P4)
ชุดทดลองที่ 2 น้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (PR)
ชุดทดลองที่ 3 น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (H4)
ชุดทดลองที่ 4 น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (HR)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE L*C*H°

ลักษณะปรากฏที่พบอย่างชัดเจนของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ คือ การตกตะกอน แต่สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ จะตกตะกอนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 (หลังจากกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์) และเมื่อนำมาตรวจสอบค่าสีตามระบบ CIE L*C*H° ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าความสว่าง (L*) ความเข้ม (C*) และสีที่แท้จริง (H°) ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์

สี	ชุดทดลอง	ค่าสีระหว่างการเก็บรักษาที่สัปดาห์ต่างๆ				
		0	1	2	3	4
L*	P4	42.76±1.63 ^{Ba}	42.87±3.12 ^{Ca}	44.74±1.48 ^{Ba}	43.68±1.73 ^{Ba}	43.72±1.27 ^{Ba}
	PR	42.76±1.63 ^{Ba}	43.55±1.16 ^{BCa}	44.49±3.38 ^{Ba}	44.75±1.50 ^{Ba}	42.96±0.94 ^{Ba}
	H4	48.20±1.68 ^{Aab}	47.50±1.61 ^{ABb}	51.98±1.59 ^{Aa}	49.24±2.02 ^{Aab}	48.97±3.21 ^{Aab}
	HR	48.20±1.68 ^{Aa}	48.12±2.38 ^{Aa}	52.40±5.21 ^{Aa}	49.05±0.64 ^{Aa}	50.47±0.98 ^{Aa}
C*	P4	63.61±0.36 ^{Ba}	63.05±1.06 ^{Ca}	63.66±1.31 ^{ABa}	63.31±1.30 ^{Ba}	63.93±0.63 ^{Ba}
	PR	63.61±0.36 ^{Ba}	61.46±0.53 ^{Dab}	60.19±0.90 ^{Bb}	59.53±0.83 ^{Cb}	58.95±3.60 ^{Cb}
	H4	69.16±0.74 ^{Aa}	69.13±0.78 ^{Aa}	67.86±0.57 ^{Aa}	68.38±0.81 ^{Aa}	68.51±0.78 ^{Aa}
	HR	69.16±0.74 ^{Aa}	65.92±0.46 ^{Bab}	60.68±4.53 ^{Bc}	63.39±1.48 ^{Bbc}	55.69±1.19 ^{Cd}
H°	P4	81.36±0.52 ^{Ba}	81.17±0.90 ^{Ca}	81.31±0.49 ^{BCa}	80.87±0.38 ^{Ba}	80.53±0.32 ^{Ba}
	PR	81.36±0.52 ^{Ba}	79.04±0.40 ^{Db}	79.35±0.75 ^{Cb}	79.50±0.52 ^{Cb}	78.94±0.32 ^{Cb}
	H4	88.16±0.19 ^{Aab}	87.84±0.40 ^{Abc}	88.37±0.09 ^{Aa}	87.80±0.32 ^{Abc}	87.66±0.34 ^{Ac}
	HR	88.16±0.19 ^{Aa}	83.13±1.15 ^{Bb}	82.05±2.27 ^{Bbc}	80.75±0.46 ^{Bc}	80.96±0.56 ^{Bc}

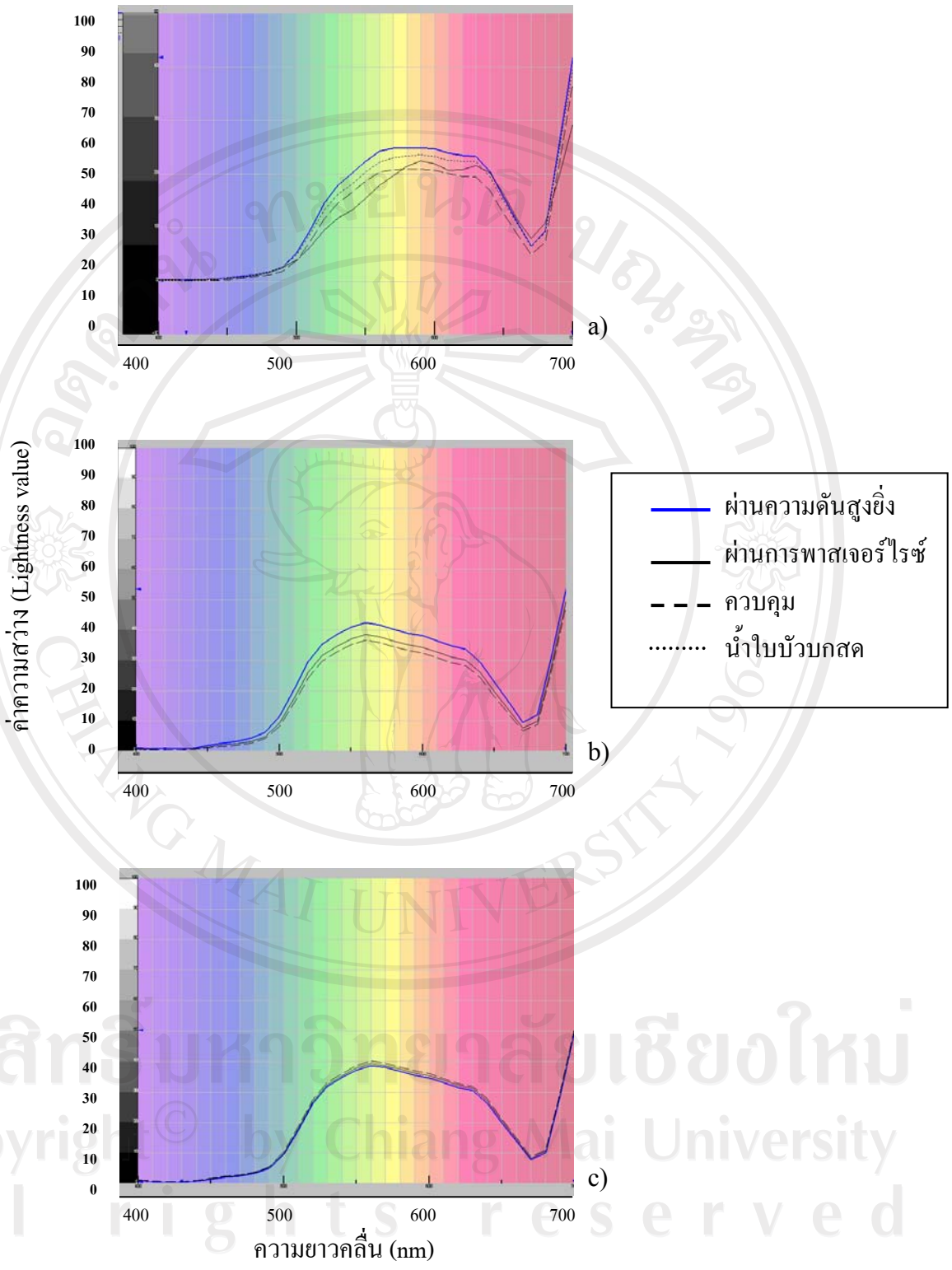
หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.3 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีค่า L*C*H° สูงกว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสีดังกล่าวที่วัดได้อยู่ในช่วงสีเหลือง แต่สีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นสีเขียวสด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบการเปลี่ยนแปลง คือ สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นผลให้ค่า C* และ H° ของน้ำใบบัวบกที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่น้ำใบบัวบกที่เก็บที่อุณหภูมิ 4°C จะมีค่า C* และ



รูปที่ 4.3 ผลของค่าสีระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก โดย
a) สัปดาห์ที่ 0, b) สัปดาห์ที่ 4 ที่อุณหภูมิห้อง และ c) สัปดาห์ที่ 4 ที่อุณหภูมิ 4°C

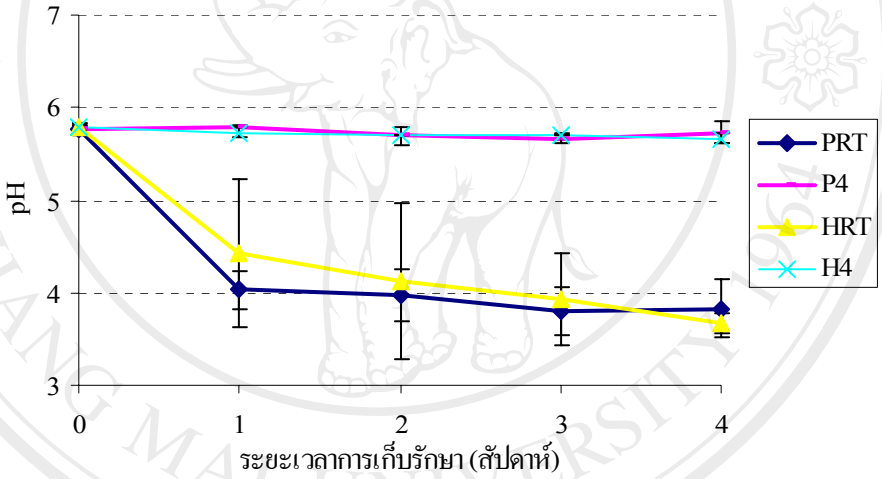
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

H° ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับค่า L*พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทุกชุดทดลอง ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากเชื้อจุลินทรีย์ (หัวข้อ 4.2.2)

เห็นได้ชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ยังคงคุณภาพด้านกายภาพในเรื่องของสีได้เป็นอย่างดี และน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สามารถคงคุณภาพสีได้ดีกว่าชุดทดลองอื่น ($P \leq 0.05$)

4.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่ตรวจสอบได้แก่ pH, ปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค และ ปริมาณคลอโรฟิลล์



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์

สำหรับค่า pH พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และอุณหภูมิห้องจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH (รูปที่ 4.4) โดยที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ค่า pH ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและพาสเจอร์ไรซ์ลดลงในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ค่า pH ค่อนข้างคงที่ (5.73±0.049) จากรูปที่ 4.4 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีการลดลงของ ค่า pH อย่างรวดเร็ว หลังจากเก็บรักษาไว้ 1 สัปดาห์ โดยลดลงจาก 5.80 เป็น 4.43 และ 4.03 สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ และค่า pH ยังลดลงอีกเป็น 3.67 และ 3.83 ในสัปดาห์ที่ 4 สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ผลิตกรดมากขึ้น ผลสอดคล้องกับตารางที่ 4.9 ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ของน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

ชุดทดลอง	ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษา (ppm)		ปริมาณที่ลดลง (ppm)
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 4	
P4	158.25±1.51 ^{Aa}	150.73±1.84 ^{Ab}	7.52
PR	158.25±1.51 ^{Aa}	126.91±0.43 ^{Bb}	31.34
H4	119.40±1.16 ^{Ba}	111.60±0.54 ^{Cb}	7.80
HR	119.40±1.16 ^{Ba}	61.52±0.25 ^{Db}	57.88

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของน้ำใบบัวบกผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์

ชุดทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระหว่างการเก็บรักษา (ppm)		ปริมาณที่ลดลง (ppm)
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 4	
P4	77.69±0.98 ^{Ba}	68.53±1.21 ^{Bb}	9.16
PR	77.69±0.98 ^{Ba}	59.55±1.70 ^{Cb}	18.14
H4	87.21±0.42 ^{Aa}	81.06±1.16 ^{Ab}	6.15
HR	87.21±0.42 ^{Aa}	51.32±0.58 ^{Db}	35.89

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการตรวจสอบปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก ในภาพรวมพบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์จะมีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง (ตารางที่ 4.7) นอกจากนี้ อุณหภูมิของการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิค โดยที่ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคจะมีค่าลดลง คิดเป็น 48.48% และ 19.80% สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิคมีค่าลดลงเพียง 6.54% และ 4.75% สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C

สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก ในภาพรวมพบว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าน้ำใบบัวบกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (ตารางที่ 4.8) นอกจากนี้ อุณหภูมิของการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เช่นกัน โดยที่ปริมาณคลอโรฟิลล์จะมีค่าลดลง คิดเป็น 21.15% และ 23.35% สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าลดลงเพียง 7.05% และ 11.79% สำหรับน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ (หัวข้อ 4.2.2)

4.2.3 การตรวจสอบคุณภาพด้านจุลชีววิทยา

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพด้านจุลชีววิทยา ได้ศึกษาผลของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และรา ดังตารางที่ 4.9 และ 4.10 จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และรา <1 log cfu/ml และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ทุกตัวอย่างจะมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และรา เพิ่มขึ้น ยกเว้นน้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C จะมีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และรา <1 log cfu/ml ตลอดช่วงการเก็บรักษา สำหรับเชื้อยีสต์และรา พบว่า น้ำใบบัวบกทุกสภาวะจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง <1 log cfu/ml ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

จากผลของน้ำใบบัวบกที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งแบบพาสเจอร์ไรซ์และความดันสูงยิ่ง พบว่าการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์สามารถยับยั้งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ก็ไม่สามารถทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ได้หมด จึงมีการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์มากขึ้นเกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียไม่สามารถบริโภคได้ เช่นเดียวกับความดันสูงยิ่ง แม้จะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้น แต่ที่สภาวะความดัน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ดังกล่าวก็ไม่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของเชื้อให้หมดไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0 – 4 สัปดาห์

ชุดทดลอง	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาที่สัปดาห์ต่างๆ (log cfu/ml)				
	0	1	2	3	4
Control	>10	-	-	-	-
P4	<1	2.22	3.11	2.83	4.55
PR	<1	5.23	7.38	8.56	9.82
H4	<1	<1	<1	<1	<1
HR	<1	4.05	4.82	4.65	5.10

หมายเหตุ : - = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 4.10 ปริมาณเชื้อยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่ผ่านความดันสูงยิ่งและการพาสเจอร์ไรซ์ ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0 – 4 สัปดาห์

ชุดทดลอง	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา ระหว่างการเก็บรักษาที่สัปดาห์ต่างๆ (log cfu/ml)				
	0	1	2	3	4
Control	2.65	-	-	-	-
P4	<1	<1	<1	<1	<1
PR	<1	<1	<1	<1	<1
H4	<1	<1	<1	<1	<1
HR	<1	<1	<1	<1	<1

หมายเหตุ : - = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ฉะนั้น จึงต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (4°C) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อีกทั้งผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกยังเป็นอาหารกลุ่มมีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) ไม่ได้เติมสารกันบูด (Food preservetive) จึงไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้อย่างสมบูรณ์ และจากผลการทดลองที่ได้พบว่าที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้ยาวนานขึ้น เช่นเดียวกับรายงานการทดลองของ Houska *et al*. (2005) ได้ศึกษาถึงผลของความดันสูงยิ่งต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงความเข้มข้นของสาร sulforaphane ของน้ำบร๊อคคอรี่ ซึ่งพบว่า ความดันสูงยิ่งที่ 500 MPa 10 นาที สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้มากถึง 5 log cfu/ml เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ยังปราศจากเชื้อ โคลิฟอร์ม,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบคทีเรีย, ยีสต์และรา และ *Salmonella* species โดยยังคงคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะสาร sulforaphane ได้ และเก็บได้ถึง 30 วัน ในสภาวะอุณหภูมิแช่เย็น (อุณหภูมิไม่เกิน 5°C)

นอกจากนี้ เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาถึงผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ และ เคมีของผลิตภัณฑ์ ค่าสีที่เปลี่ยนไป ค่า pH ต่ำลง รวมถึงปริมาณรวมสารประกอบฟีนอลิค และประมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ก็เป็นผลที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ร่วมด้วย โดยเชื้อจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลและสารอาหารในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก ผลิตกรดและสร้างก๊าซ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียนั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved