บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบในการผลิตน้ำพริกหนุ่ม (พันธุ์แม่ปิง)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำพริกหนุ่ม

วัตถุดิบ	ค่าสี			วอเตอร์แอคติวิตี
	L	a*	b*	
พริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิง	41.76 ± 0.71	-14.18 ± 0.30	22.92 ± 1.08	0.89 ± 0.00
พริกหนุ่มอบ	47.45 ± 1.46	-4.66 ± 0.40	29.47 ± 0.98	0.89 ± 0.00
หอมแดง	36.24 ± 1.26	5.24 ± 0.41	-1.17 ± 0.44	0.89 ± 0.00
กระเทียม	61.03 ± 1.43	-2.21± 0.05	24.18 ± 0.53	0.88 ± 0.00

จากตาราง 4.1 พบว่าค่าสีของพริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิงซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักมีค่าสี L เท่ากับ 41.76 ค่าสี a* เท่ากับ -14.18 และ ค่าสี b* เท่ากับ 22.92 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสีของพริกหนุ่มพันธุ์จักรพรรดิ์โดยมีค่าสี L เท่ากับ 42.80 ค่าสี a* เท่ากับ -13.37 และค่าสี b* เท่ากับ 18.95 (สุทธิศักดิ์, 2550) โดยค่าสี L หมายถึงความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ซึ่งค่า 0 มีความสว่างน้อยที่สุด และเพิ่มขึ้นจนถึง 100 สำหรับค่าสี a* เป็นค่าสีเขียวและสีแดง โดยค่าบวกแสดงถึงสีแดง และค่าลบแสดงถึงสีเขียว และค่าสี b* จะเป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน โดยค่าบวกแสดงถึงสีเหลืองและค่าลบแสดงถึงสีน้ำเงิน (McGuire, 1992) จากค่าสีที่วัดได้แสดงว่าพริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิงมีสีเขียวอมเหลืองมีความเข้มของสีมาก พริกอบมีค่าสี L เท่ากับ 47.45 ค่าสี a* เท่ากับ -4.66 และค่าสี b* เท่ากับ 29.47 จากค่าสีที่วัดได้แสดงว่าพริกอบมีสีออกไปทางเขียวอมเหลือง แสดงว่าเมื่อนำพริกไปอบจะทำให้ค่าสี a* และค่าสี b* ของพริกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนหอมแดงมีค่าสี L เท่ากับ 36.24 ค่าสี a* เท่ากับ 5.24 และค่าสี b* เท่ากับ 61.03 จากค่าสีที่วัดได้แสดงว่าหอมแดงมีสีออกไปทางแดงน้ำเงิน และกระเทียมมีค่าสี L เท่ากับ 61.03 ค่าสี a* เท่ากับ -2.21 และค่าสี b* เท่ากับ 24.18 แสดงว่ากระเทียมมีสีค่อนไปทางสีครีม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ของวัตถุดิบจะอยู่ในช่วง 0.88 - 0.89 โดยพริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิง และหอมแดงจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงกว่ากระเทียม ซึ่งช่วงค่าวอเตอร์แอคติวิตีนี้เป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี และทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูง อาหารจะมีแนวโน้มที่เสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่ายีสต์และรา แต่ถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำเชื้อยีสต์และราจะเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรีย (วิไล, 2545)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำพริกหนุ่ม

วัตถุดิบ	กิจกรรมของเอนไซม์ (unit/g)			ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
	PPO	LOX	POD		
พริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิง	36.6 ± 11.76	149.3 ± 14.6	388.45 ± 41.85	5.34 ± 0.02	0.17 ± 0.01
พริกหนุ่มอบ	ND	2.74 ± 0.54	ND	5.26 + 0.02	0.29 ± 0.01
หอมแดง	23.88 ± 7.06	958.35 ± 44.13	1,283.7 ± 74.94	5.42 ± 0.03	0.35 ± 0.01
กระเทียม	50.68 ± 9.86	334.55 ± 28.97	589.91 ± 32.68	5.59 ± 0.02	0.25 ± 0.03

หมายเหตุ: ND = not detected

จากตารางที่ 4.2 พบว่าหอมแดงมีค่าของกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) และ lipoxygenase (LOX) สูงที่สุด รองมาคือ กระเทียม พริกหนุ่มสด และพริกอบตามลำดับ ส่วนค่ากิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) จะพบมากที่สุดในกระเทียมรองมาคือ พริกหนุ่มสด หอมแดง และพริกอบตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระดับของค่ากิจกรรมเอนไซม์ของวัตถุดิบของน้ำพริกหนุ่มพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือ LOX และ POD ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD และ LOX ในพริกหนุ่มพันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณสูงเช่นกัน (สุทธิศักดิ์, 2550) โดยปริมาณของเอนไซม์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสื่อมเสียทางคุณภาพของอาหาร และเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Fennema, 1996) สำหรับเอนไซม์ในพริกอบจะเห็นว่ามีปริมาณน้อยมากโดยเอนไซม์ LOX มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 2.74 ± 0.54 unit/g ส่วนเอนไซม์ PPO และ POD ไม่พบค่ากิจกรรมของเอนไซม์เหลืออยู่เลย เนื่องจากผลของความร้อนทำให้เอนไซม์เสียสภาพ

ค่าความเป็นกรด-ด่างของวัตถุดิบจะอยู่ในช่วง 5.26 - 5.59 โดยพริกอบมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด และกระเทียมมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุด ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของวัตถุดิบนี้อยู่ในช่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดี (สุวิมล, 2546) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดของวัตถุดิบมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.17 - 0.35 % ซึ่งมีปริมาณอยู่น้อยในวัตถุดิบ

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำพริกหนุ่ม

วัตถุดิบ	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (log cfu/g)
พริกหนุ่มพันธุ์แม่ปิง	5.22	2.58
พริกหนุ่มอบ	2.68	ND
หอมแดง	5.72	2.18
กระเทียม	5.08	ND

หมายเหตุ: ND = not detected

จากตารางที่ 4.3 พบว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ของพริกหนุ่ม หอมแดง และกระเทียมที่ยังไม่ผ่านความร้อน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำพริกหนุ่มมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งพริกหนุ่มสดมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.22 log cfu/g เมื่อนำพริกไปอบพบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเหลือ 2.68 log cfu /g โดยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดว่าอาหารปรุงสุกทั่วไปมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log cfu /g (กระทรวงสาธารณสุข, 2536)

4.2 ผลของความดัน ระยะเวลาคงความดัน และอุณหภูมิต่อคุณภาพของน้ำพริกหนุ่ม

นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผลิตมาบรรจุลงในถุงภาชนะและนำไปแปรรูปด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่ง โดยแปรผันระดับความดัน ระยะเวลาคงความดัน และอุณหภูมิ จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดที่ไม่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง และน้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านกระบวนความดันสูงยิ่งทั้งหมดมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา โดยผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผลิตจากพริกพันธุ์แม่ปิงได้แสดงดังในตารางที่ 4.4 และผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านกระบวนความดันสูงยิ่งได้แสดงดังในตารางที่ 4.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

คุณภาพ	น้ำพริกหนุ่ม
ค่าสี L	42.67 $\pm$ 2.13
ค่าสี a*	-1.64 $\pm$ 0.42
ค่าสี b*	23.64 $\pm$ 1.24
วอเตอร์แอคติวิตี	0.87 $\pm$ 0.00
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	0.31 $\pm$ 0.01
ความเป็นกรด-ด่าง	5.30 $\pm$ 0.01
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (unit/g)	3.27 $\pm$ 0.87
กิจกรรมของเอนไซม์ POD (unit/g)	3.91 $\pm$ 0.68
กิจกรรมของเอนไซม์ LOX (unit/g)	11.24 $\pm$ 2.23

จากตาราง 4.4 พบว่าน้ำพริกหนุ่มมีค่าสี L เท่ากับ 42.67 ค่าสี a* เท่ากับ -1.64 และค่าสี b* เท่ากับ 23.64 แสดงว่าน้ำพริกหนุ่มมีสีเขียวอมเหลือง ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำพริกหนุ่มมีค่าเท่ากับ 0.87 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่สูงง่ายต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (วิไล, 2543) สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดมีปริมาณอยู่ร้อยละ 0.31 ซึ่งยังมีปริมาณอยู่น้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำพริกหนุ่มยังเจริญเติบโตไม่มาก และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มมีค่าเท่ากับ 5.30 ซึ่งอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดี (สุวิมล, 2546)

สำหรับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ PPO POD และ LOX พบว่าในน้ำพริกหนุ่มมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงที่สุด ทั้งนี้กิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้มาจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำพริกหนุ่ม ได้แก่ พริกหนุ่มอบ หอมแดงอบ และ กระเทียมลวก ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ POD และ PPO มีปริมาณลดลงมากหลังจากการอบ (ตารางที่ 4.2) จึงทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวในน้ำพริกหนุ่มเหลืออยู่น้อย ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดที่เหลือนี้อาจมีผลต่อ สี กลิ่น และรสของน้ำพริกหนุ่มในระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ปัจจัย	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			วอเตอร์แอคติวิตี	กิจกรรมของเอนไซม์ (unit/g)			ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
		L	a*	b*		PPO	POD	LOX	
ความดัน (A)		ns			ns				ns
400 MPa (a_1)	5.32^{a} ± 0.02	41. 39 ± 2.17	-1.90^{a} ± 0.84	21.27^{b} ± 3.04	0.877 ± 0.007	3.16^{a} ± 0.88	2.03^{a} ± 0.55	6.25^{a} ± 1.75	0.305 ± 0.010
600 MPa (a_1)	5.29^{b} ± 0.04	42.54 ± 2.18	-2.59^{b} ± 0.67	23.70^{a} ± 1.94	0.877 ± 0.007	2.26^{b} ± 0.92	1.56^{b} ± 0.35	4.93^{b} ± 0.98	0.310 ± 0.008
เวลา (B)						ns		ns	ns
20 นาที (b_1)	5.32^{a} ± 0.04	40.87^{b} ± 2.28	-1.83^{a} ± 0.78	20.56^{b} ± 2.48	0.871^{b} ± 0.002	2.88 ± 1.20	1.85^{a} ± 0.57	5.76 ± 1.29	0.310 ± 0.009
30 นาที (b_2)	5.29^{b} ± 0.02	43.07^{a} ± 1.52	-2.66^{b} ± 0.65	24.41^{a} ± 1.41	0.882^{a} ± 0.006	2.54 ± 0.75	1.74^{b} ± 0.47	5.42 ± 1.80	0.305 ± 0.009
อุณหภูมิ(C)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
30 °C (c_1)	5.32^{a} ± 0.03	41.72 ± 2.78	-2.30 ± 0.91	22.83 ± 2.97	0.877 ± 0.008	2.64 ± 1.04	2.00 ± 0.47	6.05 ± 1.65	0.307 ± 0.010
40 °C (c_2)	5.29^{b} ± 0.03	42.22 ± 1.52	-2.19 ± 0.76	22.13 ± 2.67	0.877 ± 0.007	2.78 ± 0.99	1.59 ± 0.49	5.13 ± 1.34	0.307 ± 0.009
AxB	ns	ns			ns	ns	ns	ns	ns
a1b1	5.34 ± 0.02	40.27 ± 2.25	-1.26^{a} ± 0.66	18.57^{c} ± 1.17	0.872 ± 0.001	3.40 ± 0.95	2.16 ± 0.60	6.42 ± 1.48	0.307 ± 0.010
a1b2	5.30 ± 0.02	42.52 ± 1.49	-2.54^{c} ± 0.35	23.97^{ab} ± 1.19	0.882 ± 0.007	2.92 ± 0.82	1.90 ± 0.52	6.09 ± 2.11	0.303 ± 0.010
a2b1	5.31 ± 0.04	41.47 ± 2.35	-2.40^{bc} ± 0.36	22.55^{b} ± 1.62	0.871 ± 0.003	2.35 ± 1.28	1.54 ± 0.36	5.09 ± 0.65	0.313 ± 0.008
a2b2	5.28 ± 0.02	43.62 ± 1.46	-2.78^{c} ± 0.88	24.85^{a} ± 1.58	0.883 ± 0.004	2.17 ± 0.48	1.56 ± 0.35	4.76 ± 1.27	0.307 ± 0.008

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง (ต่อ)

ปัจจัย	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			วอเตอร์แอคติวิตี	กิจกรรมของเอนไซม์ (unit/g)			ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
		L	a*	b*		PPO	POD	LOX	
AxC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
a1c1	5.33 ± 0.03	41.18 ± 2.87	-1.77 ± 0.75	21.87 ± 3.32	0.878 ± 0.007	3.16 ± 0.76	2.29 ± 0.38	6.84 ± 1.90	0.302 ± 0.010
a1c2	5.31 ± 0.02	41.61 ± 1.39	-2.03 ± 0.97	20.67 ± 2.90	0.876 ± 0.007	3.17 ± 1.06	1.78 ± 0.61	5.67 ± 1.53	0.309 ± 0.010
a2c1	5.32 ± 0.04	42.27 ± 2.83	-2.83 ± 0.77	23.79 ± 2.48	0.876 ± 0.008	2.12 ± 1.08	1.71 ± 0.39	5.25 ± 0.96	0.313 ± 0.008
a2c2	5.27 ± 0.02	42.82 ± 1.51	-2.36 ± 0.52	23.60 ± 1.45	0.877 ± 0.007	2.40 ± 0.81	1.41 ± 0.28	4.60 ± 0.96	0.307 ± 0.008
BxC	ns		ns		ns	ns	ns	ns	ns
b1c1	5.35 ± 0.04	39.84 ^{b} ± 2.21	-1.69 ± 0.69	20.26 ^{b} ± 1.67	0.870 ± 0.002	2.83 ± 1.32	2.02 ± 0.51	6.14 ±1.65	0.310 ± 0.011
b1c2	5.30 ± 0.03	43.61 ^{a} ± 1.90	-2.90 ± 0.69	25.40 ^{a} ± 0.88	0.884 ± 0.004	2.44 ± 0.74	1.98 ± 0.47	5.95 ± 1.81	0.305 ± 0.010
b2c1	5.30 ± 0.03	41.90 ^{ab} ± 2.01	-1.96 ± 0.90	20.85 ^{b} ± 3.24	0.872 ± 0.002	2.92 ± 1.20	1.69 ± 0.62	5.37 ± 0.78	0.310 ± 0.009
b2c2	5.28 ± 0.02	42.54 ^{a} ± 0.89	-2.42 ± 0.57	23.42 ^{a} ± 1.12	0.881 ± 0.007	2.64 ± 0.82	1.50 ± 0.35	4.09 ± 1.79	0.305 ± 0.008

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง (ต่อ)

ปัจจัย	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			วอเตอร์แอคติวิตี	กิจกรรมของเอนไซม์ (unit/g)			ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
		L	a*	b*		PPO	POD	LOX	
AxBxC	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
a1b1c1	5.35 ± 0.01	39.95 ± 3.42	-1.23 ^{a} ± 0.63	18.91 ± 1.10	0.871 ± 0.002	3.41 ± 0.93	2.36 ± 0.43	7.10 ± 1.75	0.303 ± 0.116
a1b1c2	5.31 ± 0.02	42.40 ± 2.10	-2.31 ^{bc} ± 0.34	24.83 ± 0.26	0.884 ± 0.004	2.91 ± 0.63	2.22 ± 0.40	6.58 ± 2.39	0.300 ± 0.010
a1b2c1	5.32 ± 0.01	40.59 ± 0.79	-1.29 ^{a} ± 0.82	18.22 ± 1.35	0.873 ± 0.001	3.40 ± 1.17	1.97 ± 0.78	5.75 ± 1.02	0.310 ± 0.010
a1b2c2	5.30 ± 0.02	42.64 ± 1.04	-2.77 ^{cd} ± 0.19	23.11 ± 1.14	0.880 ± 0.009	2.94 ± 1.13	1.59 ± 0.48	5.60 ± 2.18	0.307 ± 0.011
a2b1c1	5.34 ± 0.04	39.73 ± 0.64	-2.17 ^{bc} ± 0.39	21.62 ± 0.52	0.870 ± 0.003	2.25 ± 1.59	1.68 ± 0.36	5.19 ± 0.99	0.317 ± 0.006
a2b1c2	5.29 ± 0.01	44.81 ± 0.48	-3.49 ^{d} ± 0.16	25.97 ± 0.95	0.883 ± 0.005	1.98 ± 0.58	1.74 ± 0.47	5.32 ± 1.14	0.310 ± 0.010
a2b2c1	5.28 ± 0.02	43.21 ± 2.08	-2.64 ^{c} ± 0.03	23.48 ± 1.92	0.872 ± 0.003	2.45 ± 1.23	1.40 ± 0.36	4.99 ± 0.23	0.310 ± 0.010
a2b2c2	5.26 ± 0.02	42.43 ± 0.94	-2.08 ^{abc} ± 0.66	23.73 ± 1.24	0.883 ± 0.004	2.35 ± 0.36	1.42 ± 0.26	4.21 ± 1.33	0.303 ± 0.006

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

2. ns หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง พบว่าความดันมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี a* b* และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และ LOX อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระดับความดันเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี a* และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และ LOX ลดลง ส่วนค่าสี b* มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ระดับความดันจะไม่มีผลต่อค่าสี L ค่าวอเตอร์แอคติวิตี และปริมาณกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปัจจัยทางด้านเวลา พบว่าระยะเวลาคงความดันมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความสว่าง ค่าสี a* และ b* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาคงความดันเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี a* และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง ส่วนค่าสี L ค่าสี b* และค่าวอเตอร์แอคติวิตีมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาคงความดันไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO และ LOX และปริมาณกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ส่วนปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าลดลง แต่อุณหภูมิจะไม่มีผลต่อค่าสี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด และปริมาณกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปฏิสัมพันธ์ 2 ปัจจัยระหว่างระดับความดันและระยะเวลาคงความดัน พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อค่าสี a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 400 MPa เป็นเวลา 20 นาทีมีค่าสี a* มากที่สุดเท่ากับ -1.26 และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 600 MPa เป็นเวลา 30 นาทีมีค่าสี b* มากที่สุดเท่ากับ 24.85 ส่วนค่าความเป็นกรด ค่าความสว่าง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด และปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปฏิสัมพันธ์ 2 ปัจจัย ระหว่างระดับความดันและอุณหภูมิ พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยนี้ไม่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปฏิสัมพันธ์ 2 ปัจจัย ระหว่างระยะเวลาคงความดันและระดับอุณหภูมิ พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อค่าความสว่าง และค่าสี b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ระยะเวลาคงความดัน 20 นาที อุณหภูมิ 40 °C และที่ระยะเวลาคงความดัน 30 นาที อุณหภูมิ 40 °C มีค่าความสว่าง และค่าสี b* มากที่สุดโดยค่าความสว่างมีค่าเท่ากับ 43.61 และ 42.54 ตามลำดับ และค่าสี b* มีค่าเท่ากับ 25.40 และ 23.42 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีด้านอื่นๆ ของน้ำพริกหนุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ปฏิสัมพันธ์ 3 ปัจจัย ระหว่างระดับความดัน ระยะเวลาคงความดัน และระดับอุณหภูมิ พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัยนี้มีผลต่อค่าสี a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 400 MPa อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 20 นาที และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 400 MPa อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสี a* มากที่สุดเท่ากับ -1.23 และ -1.29 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีด้านอื่นๆ ของน้ำพริกหนุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยความดัน ระยะเวลาคงความดัน และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการความดันสูงยิ่ง พบว่าระยะเวลาคงความดันมีผลต่อค่าสี L, a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนระดับความดันมีผลต่อค่าสี a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าระยะเวลาคงความดันมีผลกระทบต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์มากกว่าระดับต่างๆ ของความดัน โดย Rodrigo *et al* (2007) ได้ศึกษาการให้ความร้อนและความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพของน้ำมะเขือเทศและน้ำสตรอเบอร์รี่ พบว่าสีของน้ำมะเขือเทศไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนน้ำสตรอเบอร์รี่พบว่าค่าของพารามิเตอร์ L a* b* มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 8.8 % ภายใต้กระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 300 - 700 MPa ที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ในระหว่างการแปรรูป โดยอาจมีทั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน โดยมีหลายๆ ปฏิกิริยาร่วมกันและเกิดสีน้ำตาลแปรผันไปตามชนิดของอาหาร (นิธิยา, 2545) ในส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม พบว่าปัจจัยทั้งระดับความดัน ระยะเวลาคงความดัน และระดับอุณหภูมิที่ใช้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง สำหรับค่าวอเตอร์แอคติวิตีจะมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยของระยะเวลาคงความดัน ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มจะพบว่าการผันแปรปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรด แต่การเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ชัดเจนเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น

ส่วนค่ากิจกรรมของเอนไซม์ พบว่าระดับความดันที่ใช้มีผลต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด และระยะเวลาคงความดันมีผลต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนระดับอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด อาจเนื่องจากการแปรผันระดับอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากจึงทำให้ผลออกมาไม่แตกต่างกัน โดยกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดที่เหลือในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มนี้อาจมีผลต่อสี กลิ่น และรสของน้ำพริกหนุ่มในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาของ Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) พบว่าการใช้ความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 20 นาที แก่ลิ้นจี่สดมีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของ POD และ PPO ได้มากกว่า 50 % และ 90 % ตามลำดับ และจากการทดลองของ Gomes and Ledward (1995) พบว่า PPO ที่สกัดจากมันฝรั่งมีค่าแอคติวิตีลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มความดัน และลดลงเหลือ 40% หลังผ่านความดันสูงยิ่งที่ 800 MPa เป็นเวลา 10 นาที ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 6.5 นอกจากนี้ Quaglia *et al* (1996) ยังพบว่าการให้ความดันสูงยิ่งต่อถั่วเขียวที่ระดับความดัน 900 MPa ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาทีมีผลทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลงเหลือ 12 %

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง และน้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อยีสต์รา ในน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่สภาวะต่างๆ

หน่วยทดลอง	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu /g)	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (log cfu /g)
ชุดควบคุม	3.58	1.08
400 MPa, 30 °C, 20 min	1.24	ND
400 MPa, 30 °C, 30 min	1.03	ND
400 MPa, 40 °C, 20 min	1.17	ND
400 MPa, 40 °C, 30 min	1.14	ND
600 MPa, 30 °C, 20 min	1.02	ND
600 MPa, 30 °C, 30 min	1.07	ND
600 MPa, 40 °C, 20 min	ND	ND
600 MPa, 40 °C, 30 min	ND	ND

หมายเหตุ: ND = not detected

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

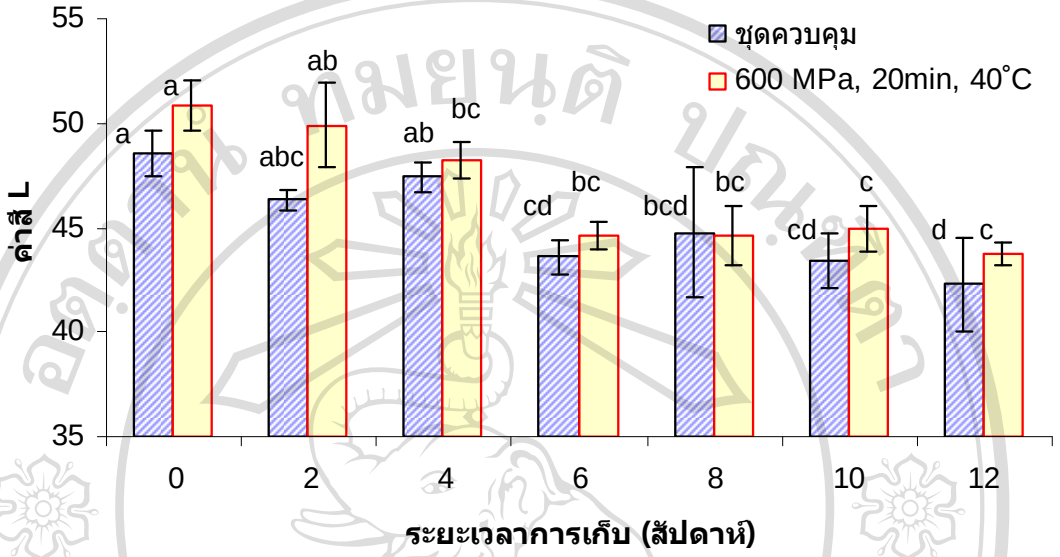
จากตาราง 4.6 พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีปริมาณน้อยกว่า 2 log cfu/g ยกเว้นตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่สภาวะความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และที่สภาวะความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนปริมาณยีสต์และราจะพบเฉพาะในตัวอย่างชุดควบคุมเท่านั้น ดังนั้นจึงเลือกสภาวะน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดัน 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที มาศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำและใช้ระยะเวลาคงความดันสั้น ถึงอย่างไรก็ตามทุกสภาวะการทดลองมีปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4 log cfu/g ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราพบว่าในตัวอย่างชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อยีสต์และราเกินมาตรฐาน คือ มีปริมาณมากกว่า 1 log cfu/g (มผช.293/2547) จากผลการทดลองของ Campos and Cristianini (2007) พบว่าการใช้ความดันสูงยิ่งที่ระดับความดันสูงกว่า 250 MPa ในน้ำส้มสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของเชื้อ *L. Plantarum* และ *S. cerevisiae* ในปริมาณ 1.2×10^7 cfu/g และ 2.9×10^5 cfu/g ตามลำดับ และจากการทดลองของ Houska *et al* (2006) ซึ่งได้ศึกษาการใช้กระบวนการความดันสูงยิ่งในน้ำผักผลไม้ แอปเปิ้ลผสมบรอกโคลีโดยใช้ความดัน 500 MPa เป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากกว่า 5 log cfu/g และไม่พบเชื้อ coliform bacteria, *samonella*, ยีสต์ และราในระหว่างการเก็บรักษา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C

4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแปรรูปด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่ง

คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมจากหัวข้อ 4.2 มา 1 วิธี ได้แก่ การใช้ความดันที่ 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที ในการแปรรูปน้ำพริกหนุ่ม เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำและใช้ระยะเวลาคงความดันสั้น เมื่อเทียบกับสภาวะการใช้ความดันที่ 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งมีผลปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เท่ากัน นำน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่คัดเลือกสภาวะดังกล่าวมาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง ผลการทดลองแสดงดังภาพ 4.1- 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพทางกายภาพ

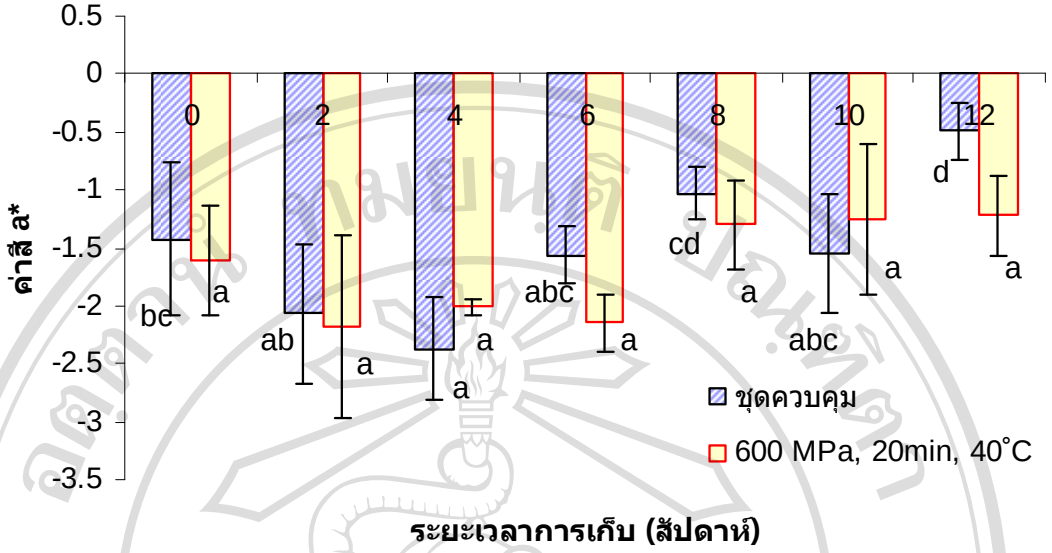


หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.1 ค่าสี L ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดัน 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ภาพ 4.1 แสดงค่าสี L (ความสว่าง) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดควบคุม และชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีค่าสี L ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำพริกหนุ่ม จึงมีผลทำให้น้ำพริกหนุ่มมีค่าความสว่างลดลง โดยตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีสีเข้มมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าความดันสูงยิ่งสามารถถนอมสีของน้ำพริกหนุ่มให้มีความคงตัวได้ดีกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ รังสิมา (2549) โดยพบว่าค่าสี L ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงจาก 34.8 ไปเป็น 33.2 ในช่วงการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

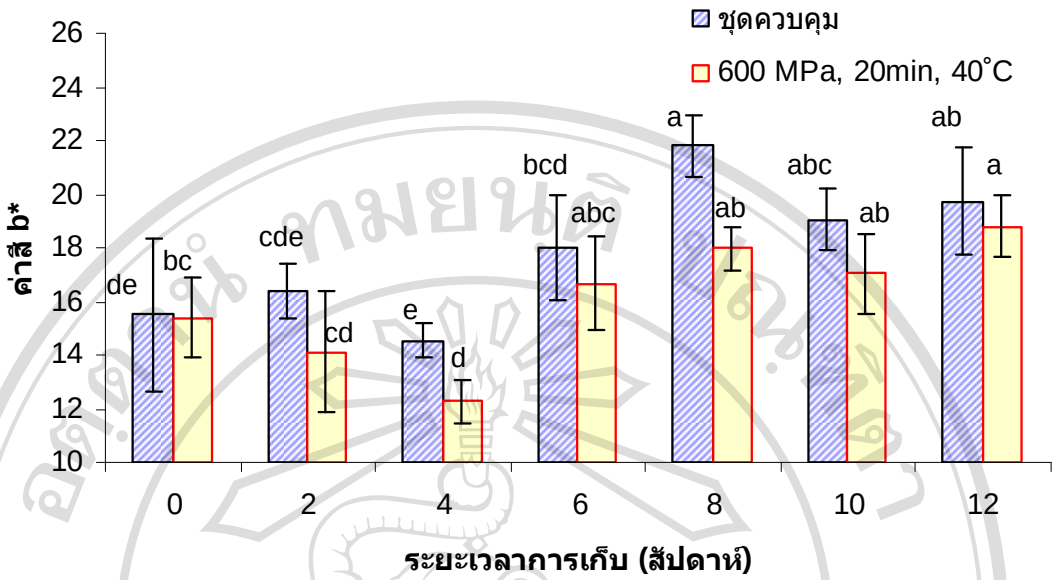


หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.2 ค่าสี a* ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มทีผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ภาพ 4.2 แสดงค่าสี a* (ค่าสีแดง-เขียว) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาค่าสี a* ของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีแนวโน้มมีสีเขียวที่ลดลงมากกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง และพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งไม่มีความแตกต่างกันของค่าสี a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มค่าสี a* เพิ่มขึ้น แสดงว่าความดันสูงยิ่งสามารถถนอมสีของน้ำพริกหนุ่มให้มีความคงตัวได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lopez-Malo *et al* (1998) ที่พบว่าน้ำอโวกาโดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ความดัน 345 - 689 MPa เป็นเวลา 10-30 นาที สีของน้ำอโวกาโดไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

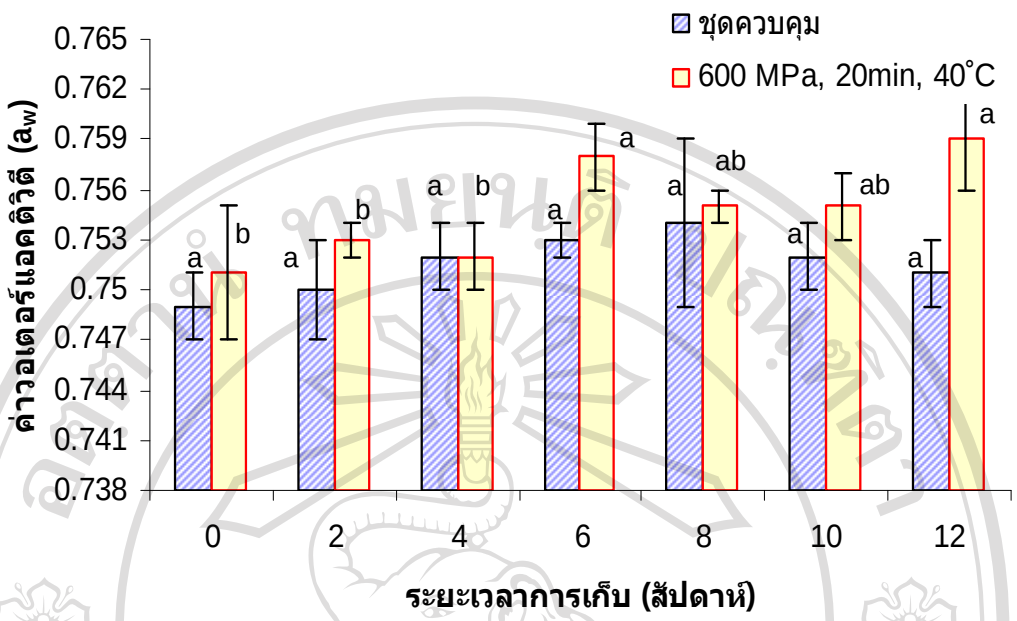


หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.3 ค่าสี b* ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ภาพ 4.3 แสดงค่าสี b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าค่าสี b* ของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดควบคุม และชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ รังสิมา (2549) พบว่า ค่าสี b* ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 18.3 ไปเป็น 19.5 ในช่วงการเก็บรักษา โดยตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งเล็กน้อย เนื่องจากเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีปริมาณเหลืออยู่มากกว่าในน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

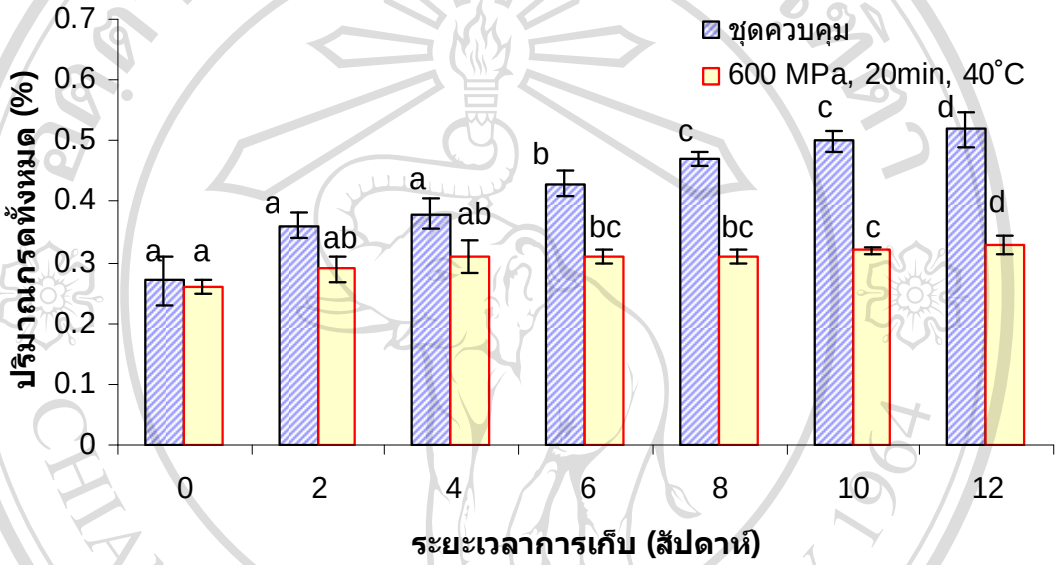
ภาพ 4.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ภาพ 4.4 แสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มทั้งสองชุดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าวอเตอร์แอคติวิตีของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำพริกหนุ่มชุดที่ผ่านความดันสูงยิ่งจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สุทธิศักดิ์ (2007) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มในระยะเวลาสั้น พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดจากขั้นตอนการผสมในกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มโดยเครื่องปั่นผสม ซึ่งจะทำให้เนื้อเซลล์เกิดความเสียหาย จึงทำให้เกิดการไหลซึมของน้ำในเซลล์ออกมา และการที่ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงกว่าตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมนั้น เนื่องมาจากผลของการใช้กระบวนการความดัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงยิ่ง โดยความดันสูงยิ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ซึ่ง Kuo-Chiang *et al*. (2008) พบว่าเกิดการไหลซึมของน้ำ (syneresis) ในน้ำมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 300 และ 400 MPa หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วันตามลำดับ

คุณภาพทางเคมี



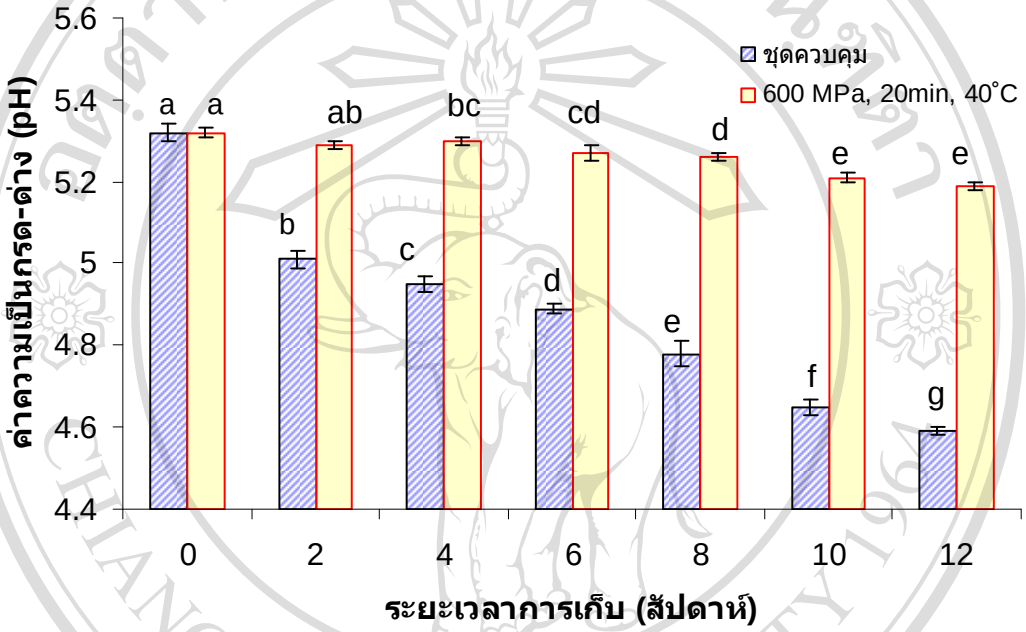
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.5 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.5 แสดงค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มในระหว่างการเก็บรักษาของชุดควบคุม สูงกว่าชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาจากสัปดาห์แรกปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.29 เป็น 0.37 ในสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่

ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมเพิ่มขึ้นมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากสัปดาห์แรกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 0.3 เพิ่มเป็น 0.58 ในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มที่มีค่าลดลงจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา



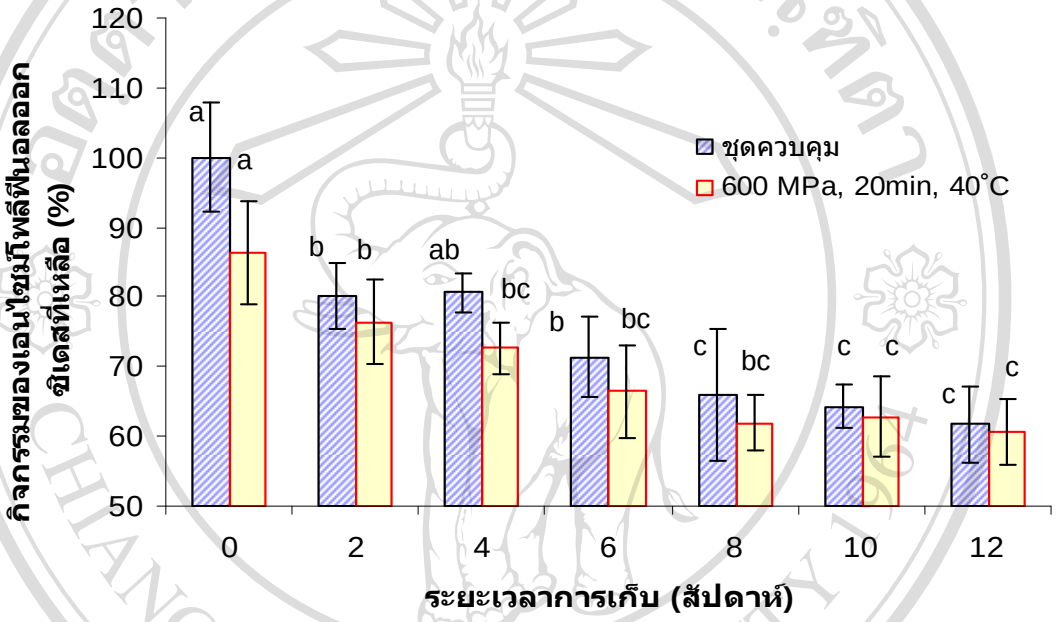
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.6 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งลดลงในระหว่างการเก็บรักษา จากสัปดาห์แรกค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.32 เป็น 5.19 ในสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมลดลงจากสัปดาห์แรกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.32 ลดลงเป็น 4.59 ในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งทั้งสองการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นทั้งชุดควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านความดันสูงยิ่งยังมีผลการลดลงของความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือค่าความเป็นกรด-ด่างของชุดควบคุมจะลดลงมากกว่าชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรด ซึ่งสอดคล้องกับผลของจุลินทรีย์จากตาราง 4.7 ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นของทุกหน่วยทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษา



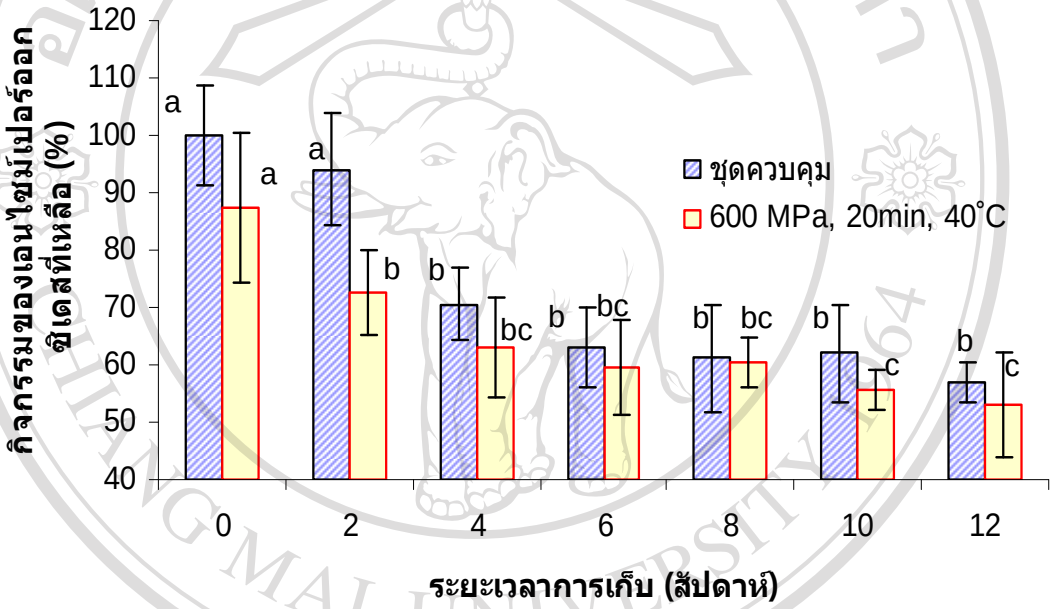
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.7 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ที่เหลืออยู่ในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.7 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าน้ำพริกหนุ่มหลังผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า

การลดลงของเอนไซม์ทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้จะมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างเก็บรักษา ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มในระยะเวลาสั้นของ สุทธิศักดิ์ (2550) พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีแนวโน้มลดลงประมาณ 20% ในระหว่างการเก็บรักษา และจากผลการทดลองน้ำแอปเปิลที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 450 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงเหลือ 9 % (Bayindirli *et al*., 2006)



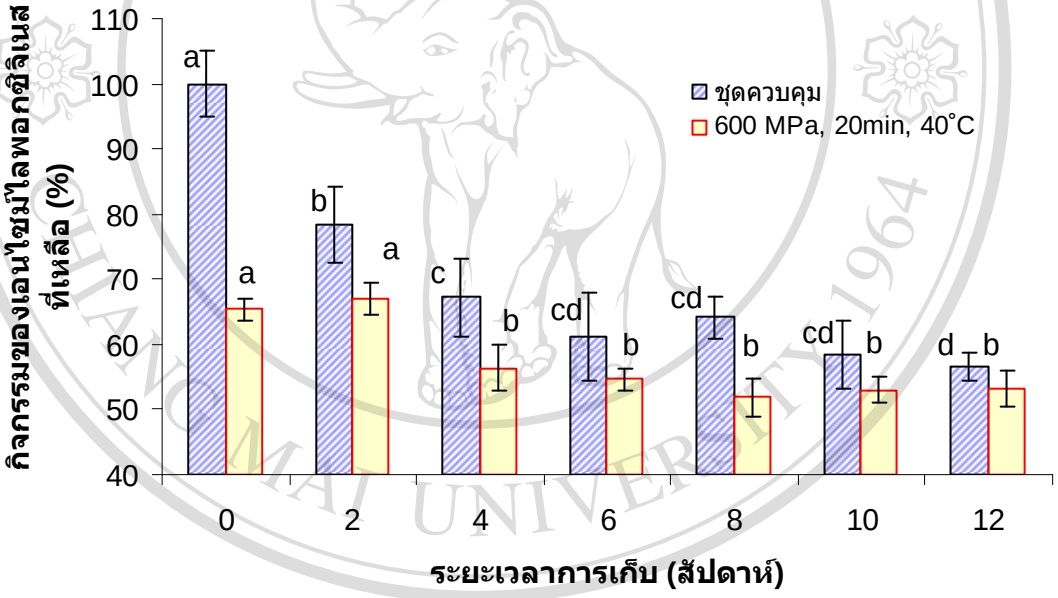
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.8 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ที่เหลือในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.8 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าน้ำพริกหนุ่มหลังผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa

ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที จะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลงประมาณ 12.55 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ทั้งชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือมีค่าลดลงเท่ากับ 43.16% และ 39.46% ตามลำดับ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มในระยะสั้นของ สุทธิศักดิ์ (2550) พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ POD ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีแนวโน้มลดลงประมาณ 10% ในระหว่างตามการเก็บรักษา และจากการทดลองของ Krebbers *et al* (2002) รายงานว่าการแปรรูปถั่วเขียวด้วยความดันสูงยิ่งมีผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ POD เหลืออยู่ 76 % จากเริ่มต้น และค่ากิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา



หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแต่ละหน่วยทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพ 4.9 กิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX) ที่เหลือในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มทีผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.9 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที พบว่าน้ำพริกหนุ่มหลังผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาที จะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ลดลงประมาณ 34.64% ซึ่งมีค่าแตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และโดยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ทั้งชุดควบคุมและชุดที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือมีค่าลดลงเท่ากับ 43.45% และ 18.76% ตามลำดับ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มในระยะสั้นของ สุทธิศักดิ์ (2550) พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ LOX ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีแนวโน้มลดลงประมาณ 10% ในระหว่างการเก็บรักษา และผลจากการศึกษาน้ำมะเขือเทศที่ผ่านความดันช่วง 100 - 650 MPa ที่อุณหภูมิช่วง 25 - 90 °C พบว่าเอนไซม์ LOX จะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 60 °C เมื่อใช้ความดันสูงยิ่งตั้งแต่ 550 MPa ขึ้นไป โดยใช้ระยะเวลาคงความดัน 12 นาที (Rodrigo *et al*., 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตารางที่ 4.7 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา ในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

หน่วยทดลอง	สัปดาห์	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (log cfu/g)
ชุดควบคุม	0	3.19	ND
	2	4.45	ND
	4	5.34	ND
	6	6.58	ND
	8	6.05	ND
	10	7.39	ND
	12	8.73	ND
600 MPa, 40 °C, 20 min	0	1.17	ND
	2	1.21	ND
	4	2.29	ND
	6	2.56	ND
	8	3.97	ND
	10	4.24	ND
	12	4.41	ND

หมายเหตุ: ND = not detected

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และราในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 20 นาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อยีสต์ราของตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มทั้งชุดควบคุม และชุดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 °C โดยตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีทั้งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 4.45 log cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.293/2547) โดยกำหนดให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 4 log cfu/g ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นมากตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 3.97 log cfu/g แสดงว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาสั้นไม่ถึง 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 °C ส่วนตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 °C จากงานวิจัยของ Bull *et al* (2004) ได้ศึกษาน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 60 วินาที โดยเก็บรักษาที่ 4 และ 10 °C นาน 12 สัปดาห์ พบว่าไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำส้มหลังผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง และน้ำส้มที่เก็บรักษาที่ 4 °C ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ใน 4 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณน้อยกว่า 2 log cfu/g

สำหรับปริมาณเชื้อยีสต์และรา พบว่าทั้งตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีปริมาณเชื้อยีสต์และราน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยสอดคล้องกับ สุทธิศักดิ์ (2007) ศึกษาการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มในระยะเวลาสั้น พบว่าใช้ความดันสูงยิ่งในการฆ่าเชื้อที่ระดับความดัน 600 MPa เวลา 20 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งยีสต์และราได้ดี ซึ่งตรวจไม่พบยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa เวลา 20 นาที สามารถทำลายเชื้อยีสต์และราในอาหารได้ จากงานวิจัยของ Lopez-Malo *et al* (1998) พบว่าน้ำอโวกาโดที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งที่ 345 517 และ 689 MPa เป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 100 วันที่อุณหภูมิ 5 15 และ 25 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved