บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฝรั่งผลสด

ตาราง 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฝรั่งเนื้อแดง

ค่าตรวจวัด		ปริมาณ
คุณภาพทางกายภาพ	ค่าสี L	50.94 ± 0.02
	ค่าสี a	13.43 ± 0.04
	ค่าสี b	18.79 ± 0.02
คุณภาพทางเคมี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.53 ± 0.02
	ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (% as citric acid)	0.78 ± 0.03
	ปริมาณความชื้น (moisture content; %)	85.01 ± 0.09
	ค่ากัมมันตภาพน้ำ (water activity; a_w	0.967 ± 0.00
	ปริมาณโปรตีน (protein; %)	0.88 ± 0.11
	ปริมาณไขมัน (fat; %)	0.41 ± 0.02
	ปริมาณเถ้า (ash; %)	0.58 ± 0.04
	ปริมาณเส้นใย (fiber; %)	5.64 ± 0.21
	ปริมาณเพคตินทั้งหมด (total pectin; g/100g)	1.32 ± 0.02
	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar; g/100g)	2.11 ± 0.39
	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar; g/100g)	9.23 ± 0.31

หมายเหตุ - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่งเนื้อแดงจากมูลนิธิโครงการหลวง จากตารางที่ 4.1 พบว่าฝรั่งเนื้อแดงมีค่าสี L (ความสว่าง) a (สีแดง-สีเขียว) และ b (สีเหลือง-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สีน้ำเงิน) เท่ากับ 50.94, 13.43 และ 18.79 ตามลำดับ เนื้อฝรั่งจึงมีสีแดงอมเหลือง โดยส่วนที่เนื้อฝรั่งมีสีแดงนั้นเกิดจากเม็ดสีของ lycopene ที่อยู่ในเนื้อผล (จารุพันธ์ และคณะ, 2541) ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.53 และปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.78 ทำให้ฝรั่งเนื้อแดงมีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ในผลฝรั่งยังมีปริมาณเพคตินร้อยละ 1.32 ซึ่งเพคตินมีสรรพคุณทางยาคือช่วยเคลือบลำไส้และเป็นสารที่มีความสำคัญในการทำให้แยมและเยลลี่แข็งตัวได้ดีขึ้น (สุรัสวดี, 2531) จึงทำให้น้ำฝรั่งที่แยกออกมามีลักษณะข้น ไม่ใส

4.2 การผลิตแยมฝรั่งโดยเทคนิคความร้อน

ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อคุณภาพของแยมฝรั่ง โดยแปรผันปริมาณเพคติน 4 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 โดยน้ำหนัก ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพโดยวิเคราะห์ค่าสี สมบัติทางวิสโคอีลาสติค คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลินทรีย์ มีผลการทดลองเป็นดังนี้

ตาราง 4.2 ผลของความร้อนต่อค่าสี L a และ b ของแยมฝรั่ง

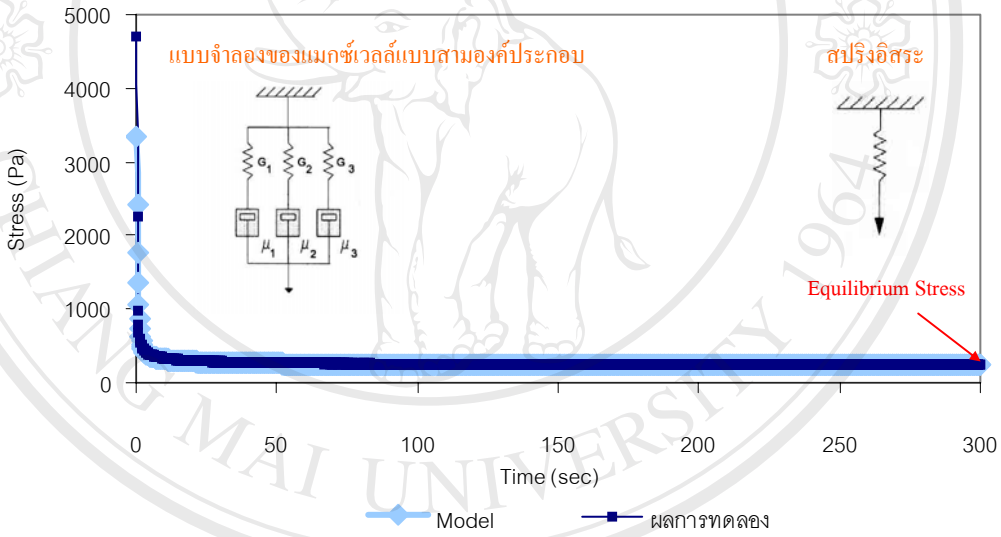
ปริมาณเพคติน	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
น้ำฝรั่ง	$51.03^{a} \pm 0.41$	$10.57^{a} \pm 0.32$	$19.52^{a} \pm 0.32$
ร้อยละ 0.5 (w/w)	$32.73^{b} \pm 0.27$	$12.65^{b} \pm 0.58$	$11.58^{b} \pm 0.55$
ร้อยละ 1.0 (w/w)	$32.80^{b} \pm 0.56$	$12.68^{b} \pm 0.03$	$11.61^{b} \pm 0.02$
ร้อยละ 1.5 (w/w)	$32.96^{b} \pm 0.59$	$12.80^{b} \pm 0.06$	$11.95^{b} \pm 0.38$
ร้อยละ 2.0 (w/w)	$32.86^{b} \pm 0.15$	$12.80^{b} \pm 0.25$	$11.77^{b} \pm 0.60$

หมายเหตุ - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 แสดงค่าสี L a และ b พบว่าการผลิตแยมฝรั่งโดยเทคนิคความร้อนทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) a (สีแดง-สีเขียว) และ b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) แตกต่างจากน้ำฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีสีแดงเข้มอมส้มแตกต่างกับน้ำฝรั่งที่เป็นสี

แดงอมเหลือง เนื่องจากการกวนเป็นการทำให้ปริมาณน้ำอิสระ (free water) ในผลิตภัณฑ์ลดลงซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้น (นิธิยา, 2543) นอกจากนี้แยมฝรั่งยังมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก เมื่อได้รับความร้อนทำให้โมเลกุลของน้ำตาลสลายและเกิดโพลีเมอร์ไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (caramelization) โดยสารสีในอาหารมีการพัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและน้ำตาลแดง (Fennema, 1996) เป็นผลให้แยมฝรั่งมีสีแดงเข้มขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง จากตาราง 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีนในฝรั่งเนื้อแดงมีค่า 0.88 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (mailard reaction) ได้โดยที่โปรตีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์แล้วทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดสีน้ำตาลได้ (Fennema, 1996)

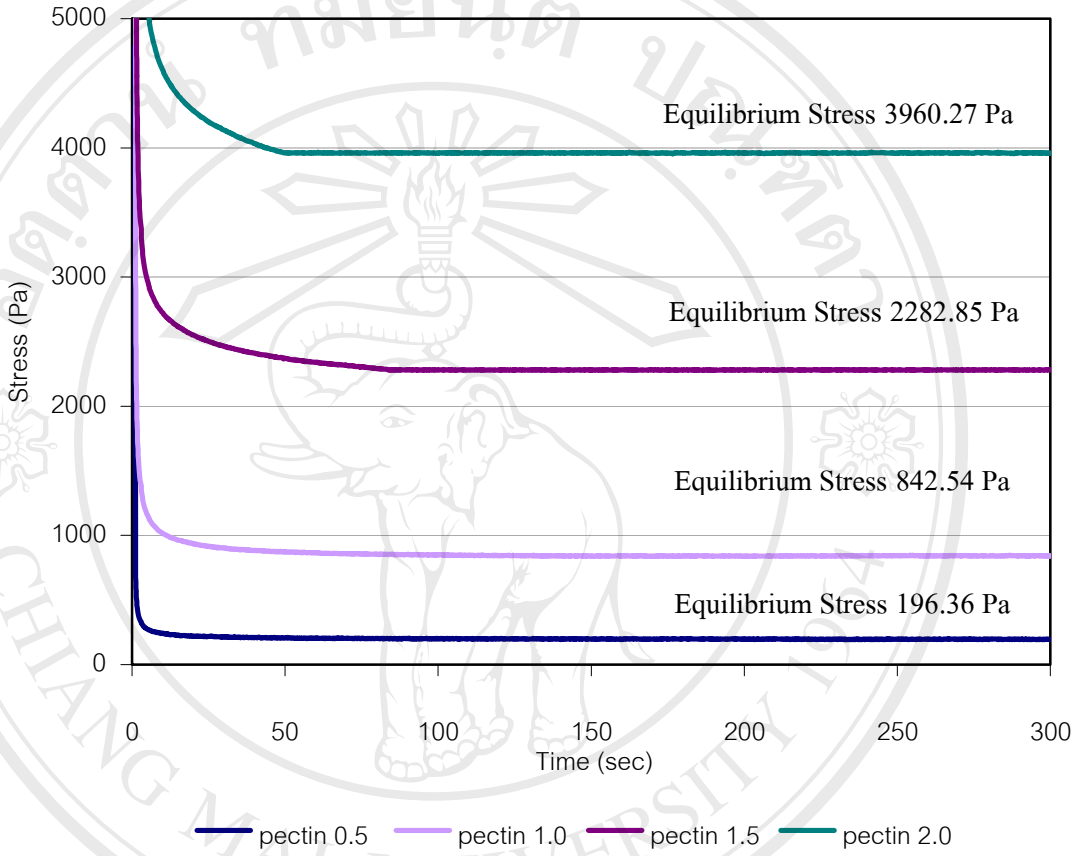


รูปที่ 4.1 กราฟการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่แสดงความสัมพันธ์กับแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการอธิบายคุณสมบัติวิสโคอีลาสติกของแยมฝรั่ง พบว่าแบบจำลอง 4 องค์ประกอบซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองของแมกซ์เวลล์สามองค์ประกอบต่อขนานกับสปริงอิสระ สามารถอธิบายคุณสมบัติวิสโคอีลาสติกของแยมฝรั่งได้ทุกหน่วยทดลอง ในที่นี้จึงยกตัวอย่างแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 ในการอธิบายคือ เมื่อให้ความเครียด (strain) คงที่เท่ากับร้อยละ 5 แก่ตัวอย่างแยมฝรั่งแล้วหยุดการให้ความเครียดทันที ความเค้น (stress) จะมีค่าลดลงอย่างช้าๆตามระยะเวลาจนถึงจุดสมดุลความเค้น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.1 โดยแบบจำลองของแมกซ์เวลล์สามองค์ประกอบใช้เป็นสัญลักษณ์แทนการพักความเค้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างช้าๆจากความเค้นเริ่มต้นหลังจากที่ความเครียดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่วนสปริงอิสระใช้เป็นสัญลักษณ์แทนสมดุลความเค้น



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0

จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาค่าสมดุลความเค้น (equilibrium stress) พบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสมดุลความเค้นมากกว่าศูนย์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟแสดงการพักความเค้น (stress relaxation curve) ในบทที่ 2 รูปที่ 2.6 สามารถอธิบายได้ว่าแยมฝรั่งแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็ง คือแสดงค่าความยืดหยุ่น (elastic) มากกว่าค่าความหนืด (viscous) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alvarez and Canet, 1998 ที่กล่าวว่าเจลของสารจำพวกสารประกอบเพคตินนั้นจะแสดงสมบัติของของแข็งมากกว่าสมบัติของของเหลว ดังนั้นจากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณ เพคตินจะทำให้แยมฝรั่งมีค่าสมดุลความเค้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากจังก์ชันโซนมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น (Lopes da Silva and Goncalves, 1994) แยมฝรั่งจึงแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบของแข็งเพิ่มมากขึ้น แยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีค่าสมดุลความเค้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 2 มีค่าสมดุลความเค้นมากที่สุด คือ 3960.27 Pa

ตาราง 4.3 ผลของความร้อนต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมฝรั่ง

ปริมาณเพคติน	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การ Spread บนแผ่นขนมปัง	การยอมรับรวม
น้ำฝรั่ง	$7.10^{a} \pm 0.91$	$6.25^{a} \pm 0.97$	$3.55^{c} \pm 0.76$	$3.20^{d} \pm 0.79$	$4.00^{d} \pm 1.00$
ร้อยละ0.5 (w/w)	$7.00^{a} \pm 0.72$	$6.25^{a} \pm 0.97$	$6.50^{a} \pm 1.00$	$7.45^{a} \pm 0.60$	$7.50^{a} \pm 0.69$
ร้อยละ1.0 (w/w)	$6.35^{b} \pm 0.74$	$6.10^{a} \pm 0.64$	$6.05^{a} \pm 1.05$	$6.75^{b} \pm 0.64$	$6.40^{b} \pm 0.60$
ร้อยละ1.5 (w/w)	$5.95^{b} \pm 0.76$	$6.05^{a} \pm 0.83$	$5.05^{b} \pm 0.89$	$5.95^{c} \pm 0.69$	$5.75^{c} \pm 0.72$
ร้อยละ2.0 (w/w)	$5.85^{b} \pm 0.74$	$5.70^{a} \pm 1.08$	$4.75^{b} \pm 1.12$	$5.60^{c} \pm 0.75$	$5.25^{c} \pm 1.02$

หมายเหตุ - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 10 ซ้ำ ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

จากตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อน พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 มีค่ามากที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ซึ่งได้คะแนนน้อยลงมาตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกับน้ำฝรั่ง คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 มีคะแนนมากที่สุด ส่วนคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวบนแผ่นขนมปัง ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม พบว่าแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 มีค่ามากที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 1, 1.5, 2 และน้ำฝรั่ง ซึ่งได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลของความร้อนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแยมฝรั่ง

ปริมาณเพคติน	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU /g)	ปริมาณยีสต์และรา(CFU /g)
น้ำฝรั่ง	3.24 (Log CFU/g)	2.48 (Log CFU/g)
ร้อยละ0.5 (w/w)	<250	<250
ร้อยละ1.0 (w/w)	<250	<250
ร้อยละ1.5 (w/w)	<250	<250
ร้อยละ2.0 (w/w)	<250	<250

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าในน้ำฝรั่งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.24 Log CFU/g ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราเท่ากับ 2.48 Log CFU/g และแยมฝรั่งหลังการให้ความร้อนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมถึงเชื้อยีสต์และรามีน้อยกว่า 250 CFU/g ซึ่งเป็นผลจากความร้อนทำให้โปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์จับตัวกันตกตะกอน (coagulation) และทำให้เอนไซม์ต่างๆที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์เสื่อมสภาพเป็นผลให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (สุมาลี, 2541)

ดังนั้นจากการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อคุณภาพของแยมฝรั่งที่มีการแปรผันปริมาณเพคติน 4 ระดับคือร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 พบว่าค่าสีและคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแต่ละหน่วยทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนการทดสอบสมบัติวิสโคอีลาสติกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 มีค่าสูงสุดในทุกๆด้าน จึงเลือกแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.5 มาทำการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การผลิตแยมฝรั่งโดยเทคนิคความดันสูง

4.3.1 ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตแยมฝรั่ง

ศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันสูงต่อคุณภาพของแยมฝรั่ง โดยแปรผันอุณหภูมิ 3 ระดับ (30, 40, 50 องศาเซลเซียส) และความดัน 2 ระดับ (500, 600 MPa) ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพโดยวิเคราะห์ค่าสี สมบัติทางวิสโคอีลาสติค คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลินทรีย์ มีผลการทดลองเป็นดังนี้

ตาราง 4.5 ผลของอุณหภูมิและความดันต่อค่าสี L a และ b ของแยมฝรั่ง

อุณหภูมิ (°C) & ความดัน (MPa)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
Untreated	43.41 ± 0.08	11.95 ± 0.08	7.20 ± 0.66
30 & 500	44.32 ± 0.48	12.39 ± 0.33	7.44 ± 0.48
30 & 600	44.13 ± 0.50	12.35 ± 0.14	7.37 ± 0.29
40 & 500	44.92 ± 0.05	12.27 ± 0.17	7.43 ± 0.11
40 & 600	44.75 ± 0.13	12.31 ± 0.09	7.47 ± 0.11
50 & 500	44.90 ± 0.01	12.30 ± 0.09	7.35 ± 0.46
50 & 600	44.53 ± 0.06	12.21 ± 0.06	7.52 ± 0.46

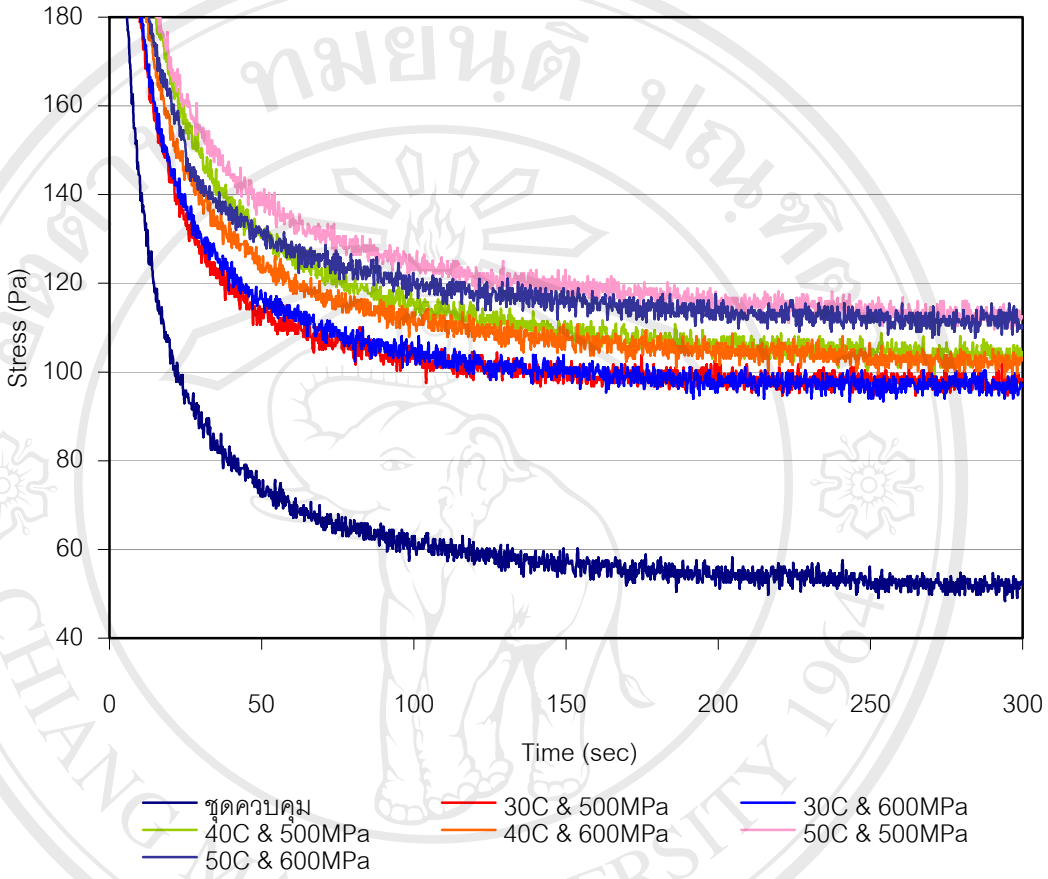
หมายเหตุ - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อวางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) a (สีแดง-สีเขียว) และ b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือค่าสี L เท่ากับ 43.13-44.92 ค่าสี a เท่ากับ 11.95-12.39 และค่าสี b เท่ากับ 7.20-7.52 ดังแสดงผลในตารางที่ 4.5 แสดงว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีความสว่าง สีแดงและสีเหลืองใกล้เคียงกับของสดเดิม ในขณะที่งานวิจัยของ Poretta *et al.,* 1995 กล่าวว่าน้ำมะเขือเทศจะมีสีแดงเข้มขึ้นเมื่อผ่าน

กระบวนการความดันสูง เพราะความดันทำให้น้ำมะเขือเทศอัดตัวแน่นขึ้นและมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงร่วมกับอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อวางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันไม่ทำให้ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข2) เมื่อพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าสมดุลความเค้นจะเพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของสมดุลความเค้นเท่ากับ 97.54, 103.79, 111.53 Pa ตามลำดับและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roa and Cooley, 1993, 1994 ที่ว่าเวลาในการเกิดเจลและ elastic modulus complex ของเพคตินจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิต่างๆกัน ส่วนระดับความดันที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าสมดุลความเค้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ 500

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 600 MPa ค่าเฉลี่ยของสมดุลความเค้นเท่ากับ 105.08 และ 103.49 Pa ตามลำดับ จากรูปที่ 4.3 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้อุณหภูมิร่วมกับความดันจะมีค่าสมดุลความเค้นมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความดันจะส่งผลกระทบต่อโมเลกุลภายในของเพคตินโดยเกิดการรวมตัวกันของพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำตาลและน้ำ (Apichartsrangkoon and Ledward, 2002) ทำให้เจลมีลักษณะยืดหยุ่นและเพิ่มความแข็งแรงมากขึ้น

ตาราง 4.6 ผลของอุณหภูมิและความดันต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมฝรั่ง

อุณหภูมิ (°C) & ความดัน (MPa)	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การกระจายตัวบนแผ่นขนมปัง	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	6.65 ± 0.81	6.80 ± 0.77	5.25 ± 0.97	5.30 ± 0.80	5.40 ± 0.88
30 & 500	6.60 ± 0.75	6.70 ± 0.73	5.95 ± 0.94	6.05 ± 0.60	6.55 ± 0.76
30 & 600	6.20 ± 0.70	6.75 ± 0.64	6.25 ± 0.85	6.05 ± 0.69	6.35 ± 0.59
40 & 500	6.70 ± 0.73	6.70 ± 0.73	6.45 ± 0.89	6.30 ± 0.73	6.75 ± 0.55
40 & 600	6.55 ± 1.10	6.85 ± 0.59	6.60 ± 0.94	6.35 ± 0.93	6.80 ± 0.62
50 & 500	7.20 ± 0.77	7.35 ± 0.88	7.25 ± 0.72	7.35 ± 0.59	7.45 ± 0.51
50 & 600	7.20 ± 0.62	6.95 ± 0.76	6.90 ± 0.91	6.65 ± 0.75	6.70 ± 0.57

หมายเหตุ - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 10 ซ้ำ ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

จากตาราง 4.6 แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความความดันสูง พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันทำให้ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสทุกหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการกระจายตัวบนแผ่นขนมปังและการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ถึงแม้ว่าแยมฝรั่งที่ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความดัน 500 MPa มีค่าคะแนนการทดสอบสูงที่สุดในทุกๆด้าน แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส การกระจายตัวบนแผ่นขนมปังและการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนความดันทำให้คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการกระจายตัวบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แผ่นขนมปังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกหน่วยทดลอง แต่การยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ตาราง 4.7 ผลของอุณหภูมิและความดันต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

อุณหภูมิ (C) & ความดัน (MPa)	**ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU /g)**	**ปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/g)**
ชุดควบคุม	2.71	2.15
30 & 500	ND	ND
30 & 600	ND	ND
40 & 500	ND	ND
40 & 600	ND	ND
50 & 500	ND	ND
50 & 600	ND	ND

หมายเหตุ ND = ตรวจไม่พบ (not detected)

ในส่วนของคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านความดันมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.71 Log CFU/g ปริมาณเชื้อยีสต์และรา 2.15 Log CFU/g ส่วนในแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้อุณหภูมิร่วมกับความดันจะตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมถึงเชื้อยีสต์และรา ดังแสดงผลในตาราง 4.7 เนื่องจากความดันจะมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้สูญเสียคุณสมบัติการแทรกผ่านของสารต่างๆ และมีผลยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการเมตาบอลิซึม นอกจากนี้ยังทำให้โปรตีนถูกทำลาย อย่างไรก็ตามความดันไม่สามารถทำลายเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ เพียงแต่ทำให้เกิดบาดแผลหรือความเสียหายเท่านั้น (Prestamo *et al*., 1999; Tedford *et al*., 1998)

ดังนั้นจากการศึกษาผลของการใช้ความดันร่วมกับอุณหภูมิต่อคุณภาพของแยมฝรั่งที่มีการแปรผันอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส กับความดัน 2 ระดับคือ 500 และ 600 MPa พบว่าค่าสี สมบัติทางวิสโคอีลาสติกและคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่ใช้ความดัน 500 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีค่ามากที่สุด จึงเลือกเอาแยมฝรั่งที่ใช้ความดัน 500 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส มาทำการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 ปริมาณเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตแยมฝรั่ง

ศึกษาผลของปริมาณเพคตินต่อคุณภาพของแยมฝรั่ง โดยแปรผันปริมาณเพคติน 4 ระดับ คือร้อยละ 3, 5, 7 และ 9 โดยน้ำหนัก ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพโดยวิเคราะห์ค่าสี สมบัติทางวิสโคอีลาสติค คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลินทรีย์ มีผลการทดลองเป็นดังนี้

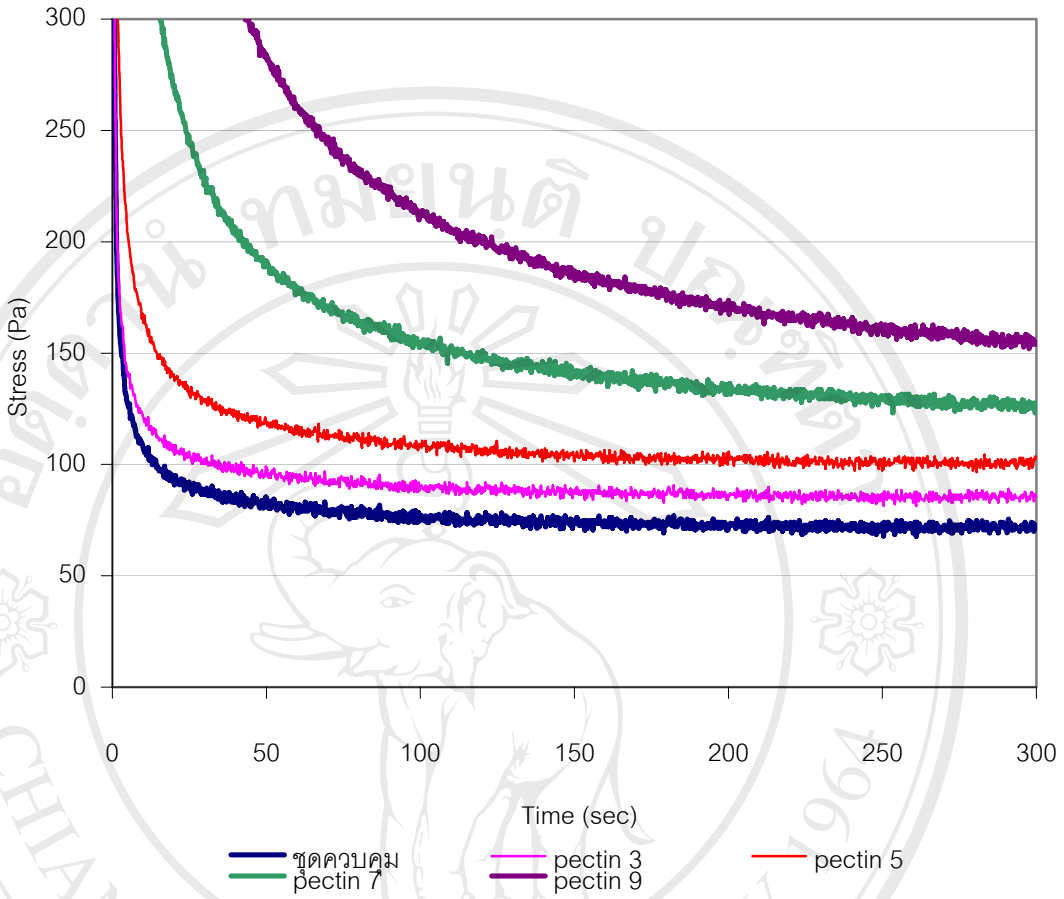
ตาราง 4.8 ผลของปริมาณเพคตินต่อค่าสี L a และ b ของแยมฝรั่งที่ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความดัน 500 MPa

ปริมาณเพคติน	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
ชุดควบคุม	$44.36^{a} \pm 0.18$	$12.57^{a} \pm 0.32$	$7.26^{a} \pm 0.21$
ร้อยละ 3 (w/w)	$44.48^{a} \pm 0.15$	$12.57^{a} \pm 0.14$	$7.30^{a} \pm 0.05$
ร้อยละ 5 (w/w)	$44.43^{a} \pm 0.36$	$12.60^{a} \pm 0.37$	$7.26^{a} \pm 0.13$
ร้อยละ 7 (w/w)	$44.52^{a} \pm 0.08$	$12.61^{a} \pm 0.12$	$7.21^{a} \pm 0.05$
ร้อยละ 9 (w/w)	$44.54^{a} \pm 0.08$	$12.60^{a} \pm 0.08$	$7.29^{a} \pm 0.21$

หมายเหตุ - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการแปรผันปริมาณเพคตินทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) a (สีแดง-สีเขียว) และ b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือค่าสี L เท่ากับ 44.36-44.54 ค่าสี a เท่ากับ 12.57-12.61 และค่าสี b เท่ากับ 7.26-7.30 แสดงว่าการเพิ่มปริมาณเพคตินไม่ทำให้ค่าสีของแยมฝรั่งแตกต่างจากชุดควบคุมมากนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 3, 5, 7, 9 และชุดควบคุม

จากรูปที่ 4.4 พบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสมดุลความเค้น (equilibrium stress) มากกว่าศูนย์ แยมฝรั่งจึงแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็ง คือมีค่าความยืดหยุ่น (elastic) มากกว่าค่าความหนืด (viscous) เมื่อเพิ่มปริมาณเพคตินจะทำให้ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 9 จะมีค่าสมดุลความเค้นเท่ากับ 154.15 Pa แสดงว่ามีความยืดหยุ่นมากที่สุด ซึ่งค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข3) แยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสมดุลความเค้นแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ผลของปริมาณเพคตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความดัน 500 MPa

ปริมาณเพคติน	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การกระจายตัวบนแผ่นขนมปัง	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	$7.15^{ab} \pm 0.67$	$7.40^{b} \pm 0.60$	$3.95^{a} \pm 0.89$	$3.40^{a} \pm 0.68$	$4.00^{a} \pm 0.92$
ร้อยละ 3 (w/w)	$7.35^{ab} \pm 0.88$	$7.05^{ab} \pm 0.69$	$6.30^{c} \pm 1.38$	$6.35^{b} \pm 0.67$	$7.05^{d} \pm 0.76$
ร้อยละ 5 (w/w)	$7.55^{b} \pm 0.76$	$7.40^{b} \pm 0.88$	$7.35^{d} \pm 0.99$	$7.40^{c} \pm 0.68$	$7.50^{d} \pm 0.76$
ร้อยละ 7 (w/w)	$6.85^{a} \pm 0.81$	$6.85^{ab} \pm 0.99$	$6.50^{c} \pm 1.00$	$6.40^{b} \pm 0.68$	$6.35^{c} \pm 0.99$
ร้อยละ 9 (w/w)	$6.90^{a} \pm 0.91$	$6.80^{a} \pm 1.01$	$5.15^{b} \pm 1.09$	$6.45^{b} \pm 0.60$	$5.70^{b} \pm 0.92$

หมายเหตุ - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 10 ซ้ำ ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

จากตารางที่ 4.9 แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดัน 500 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การกระจายตัวบนแผ่นขนมปังและการยอมรับรวมของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 5 มีคะแนนมากที่สุดและมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าคะแนนการทดสอบด้านสีและกลิ่นของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 5 มีคะแนนมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 ผลของปริมาณเพคตินต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแยมฝรั่งที่ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความดัน 500 MPa

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU /g)	ปริมาณยีสต์และรา(CFU /g)
ชุดควบคุม	ND	ND
3	ND	ND
5	ND	ND
7	ND	ND
9	ND	ND

หมายเหตุ ND = ตรวจไม่พบ (not detected)

จากตาราง 4.10 จะเห็นได้ว่าไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงเชื้อยีสต์และราในแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองหลังผ่านการใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความดัน 500 MPa ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheftel, 1995 ที่ว่าการใช้ความดันสูงร่วมกับอุณหภูมิปานกลาง (น้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส) สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์บางชนิด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอาหาร

ดังนั้นจากการศึกษาผลของปริมาณเพคตินต่อคุณภาพของแยมฝรั่งที่ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความดัน 500 MPa โดยแปรผันปริมาณเพคติน 4 ระดับคือร้อยละ 3, 5, 7 และ 9 พบว่าค่าสีและคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนการทดสอบสมบัติวิสโคอีลาสติกมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 5 มีค่ามากที่สุด จึงเลือกเอาแยมฝรั่งที่มีปริมาณเพคตินร้อยละ 5 มาทำการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

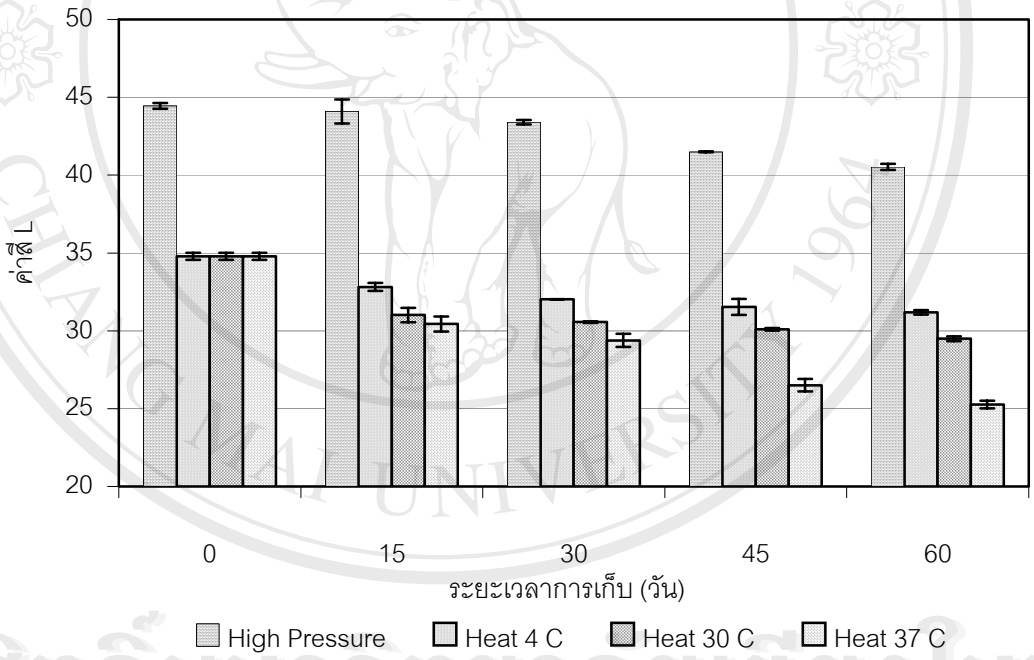
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 วิเคราะห์คุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของแยมฝรั่ง

เลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด 1 สูตร จากตอนที่ 4.2 (การผลิตแยมฝรั่งโดยเทคนิคความร้อน) มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียส และตอนที่ 4.3 (การผลิตแยมฝรั่งโดยเทคนิคความดันสูง) มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน สุ่มตัวอย่างที่เวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆดังนี้

4.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ค่าสี L a b

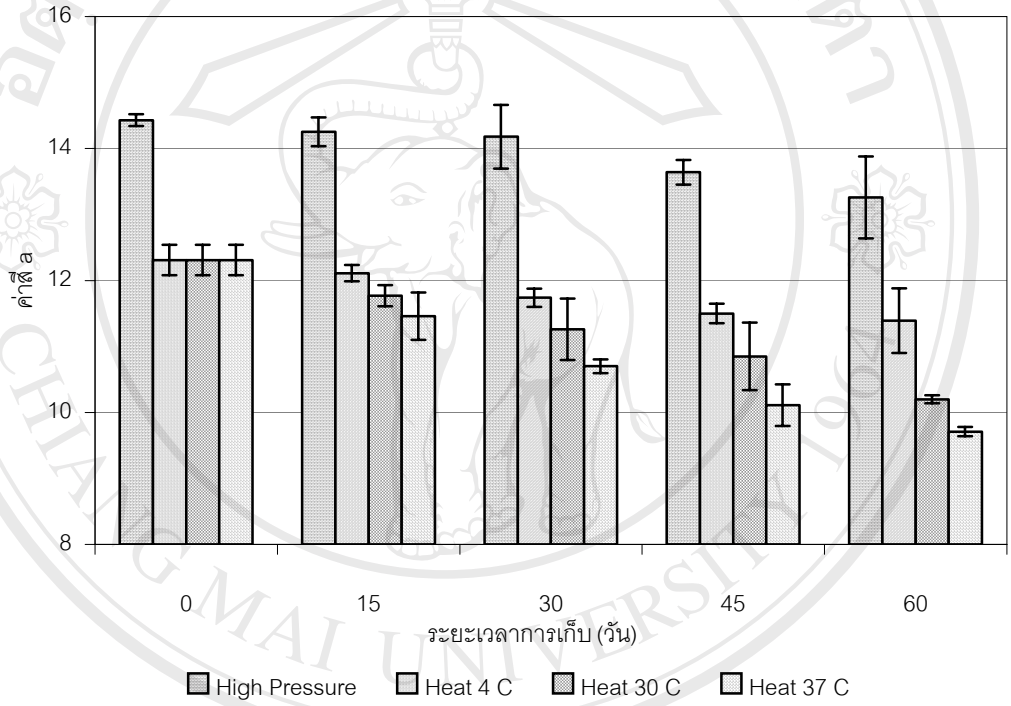


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าสี L ของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.5 พบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสี L (ความสว่าง) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงว่าแยมฝรั่งมีสีคล้ำขึ้น ค่าสี L ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีอัตราการลดลงของค่าสี L มากกว่าที่ 4, 30 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูง ค่าสี L ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 34.78 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี L ลดลงเหลือ 31.18, 29.49, 25.26 ตามลำดับ และค่าสี L ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 44.44 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี L ลดลงเหลือ 40.53 จะเห็นได้ว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าสี L ที่สูงและเด่นกว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนอย่างเห็นได้ชัด และค่าสี L ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข4)

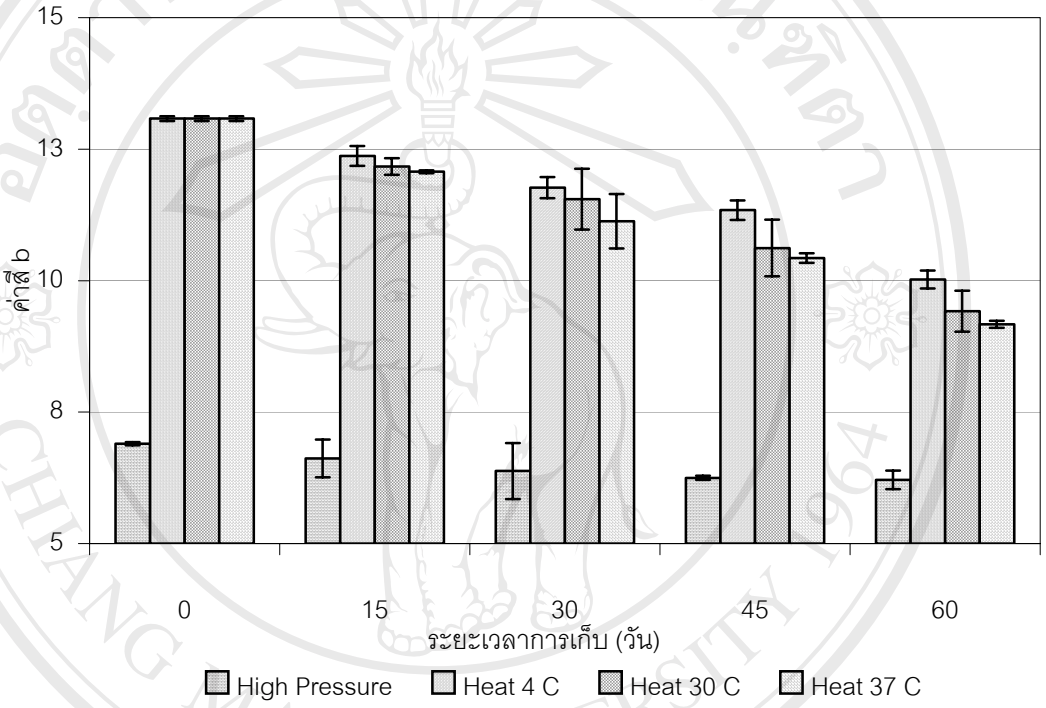


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าสี a ของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.6 พบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสี a (สีแดง-เขียว) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงว่าแยมฝรั่งมีความเป็นสีแดงลดลง และค่าสี a ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีความแตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสมีอัตราการลดลงของค่าสี a มากกว่าที่ 4, 30 องศาเซลเซียสและแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงเช่นเดียวกับค่าสี L โดยค่าสี a ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 12.31 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียส

เป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี a ลดลงเหลือ 11.39, 10.20, 9.71 ตามลำดับ และค่าสี a ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 14.43 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี a ลดลงเหลือ 13.26 จะเห็นได้ว่าแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงจะมีค่าสี a สูงและเด่นกว่าแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนอย่างเห็นได้ชัด และค่าสี a ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข5)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าสี b ของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

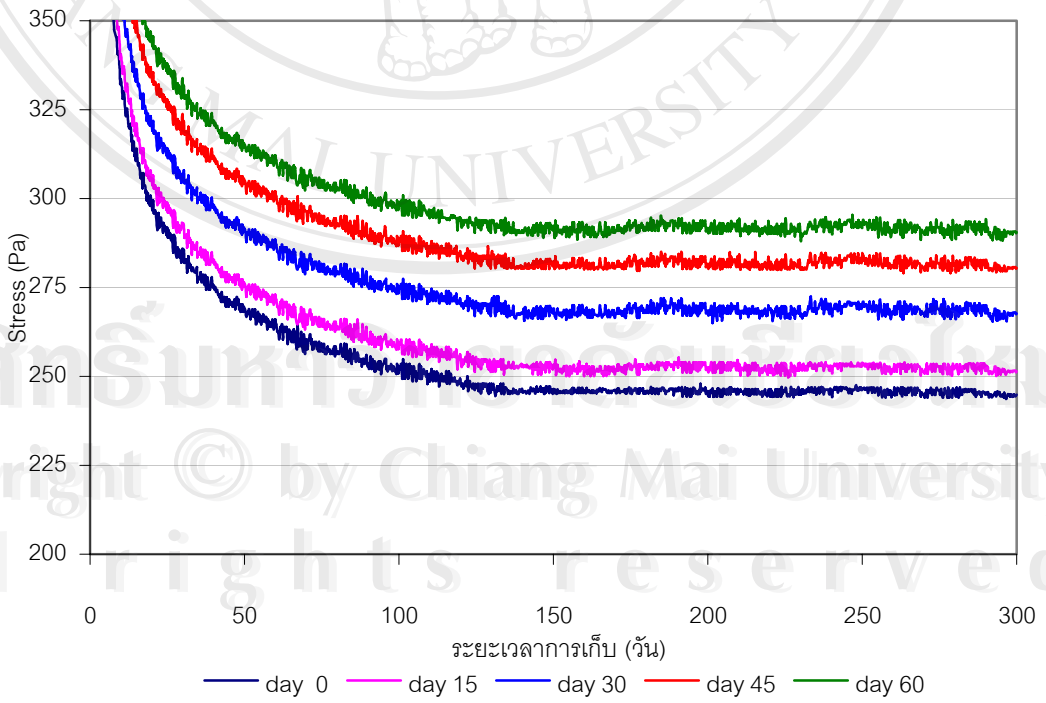
จากรูปที่ 4.7 พบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสี b (สีเหลือง-น้ำเงิน) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงว่าแยมฝรั่งมีความเป็นสีเหลืองลดลง และค่าสี b ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีความแตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสมีอัตราการลดลงของค่าสี b มากกว่าที่ 4, 30 องศาเซลเซียสและแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูง โดยค่าสี b ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 13.08 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี L ลดลงเหลือ 10.02, 9.42, 9.17 ตามลำดับ และค่าสี b ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 6.90 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าสี b ลดลงเหลือ 6.21 จะเห็นได้ว่าแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงยังมีค่าสี b ที่ต่ำหรือมีสีเหลืองน้อยกว่าแยมที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผ่านการใช้ความร้อนอย่างเห็นได้ชัด และค่าสี b ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข6)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L a และ b ของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสดังแสดงในรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 พบว่าค่าสี L a และ b มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษามีสีคล้ำมากขึ้น สีแดงและสีเหลืองลดลง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (mailard reaction) ได้โดยโปรตีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์แล้วทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Fennema, 1996) ดังนั้นแยมที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสจึงมีสีคล้ำมากที่สุด ส่วนแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่ Kimura *et al.*, 1994 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ค่าการดูดกลืนแสงของแยมจะลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเพิ่มปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เหลืออยู่

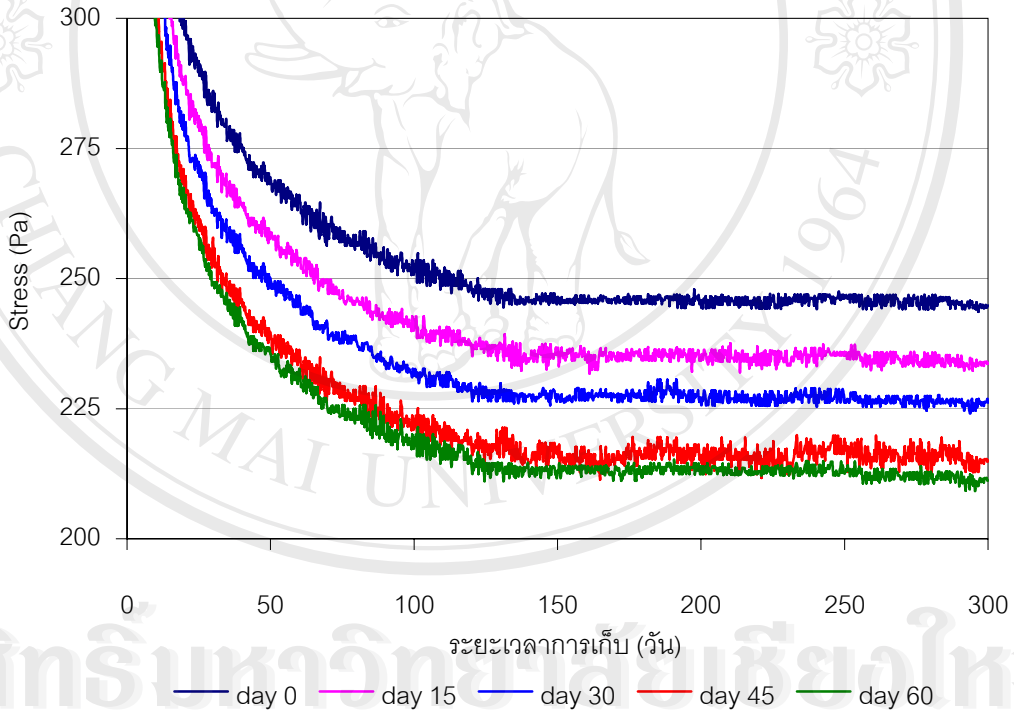
2. สมบัติวิสโคอีลาสติก



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนระหว่างเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.8 พบว่ากราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าสมดุลความเค้นมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งเพิ่มมากขึ้น นั่นคือมีค่าความยืดหยุ่นมากขึ้น ทั้งนั้นอาจเกิดจากการคลายความชื้นของแยมส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้นสอดคล้องกับรูปที่ 4.12-4.13 ที่มีปริมาณความชื้นและค่ากัมมันตภาพน้ำลดลง ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีค่าสมดุลความเค้นในวันที่ 0 เท่ากับ 244.85 Pa เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันจะมีค่าสมดุลความเค้นเพิ่มขึ้นเป็น 290.54 Pa ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข7)

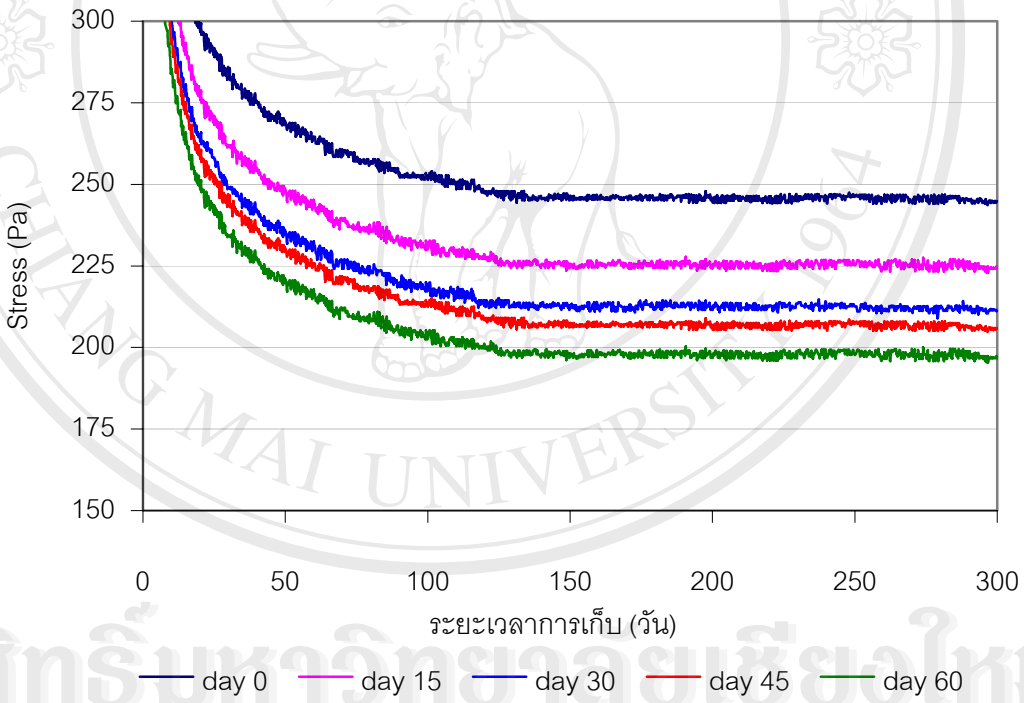


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนระหว่างเก็บที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.9 พบว่ากราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีแนวโน้มลดลงและค่าสมุดลย์ความเค้นมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งลดลงนั่นคือมีค่าความยืดหยุ่นลดลง นอกจากนี้แยมจะเริ่มเกิดการแยกตัวของของเหลวเมื่อทำการเก็บรักษานาน 45

วัน อาจเนื่องมาจากเกิดการเสื่อมคุณภาพของเจลเพคตินเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง โดยจะมีการไหลซึมออกมาของของเหลวที่เป็นส่วนประกอบของเจล เรียกว่าการเกิดซินเนอรีซิส (syneresis) (Oakenfull, 1991) ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.12-4.13 ที่มีปริมาณความชื้นและค่ากัมมันต-ภาพน้ำเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Krebbers *et at.,* 2003 ที่ว่าหลังจากเนื้อมะเขือเทศตีป่นผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วจะเกิดการแยกตัวของของเหลวเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ค่าสม-ดุลความเค้นของแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีค่าสมดุลความเค้นในวันที่ 0 เท่ากับ 244.85 Pa เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันจะมีค่าสมดุลความเค้นลดลงเหลือ 211.21 Pa ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข8)

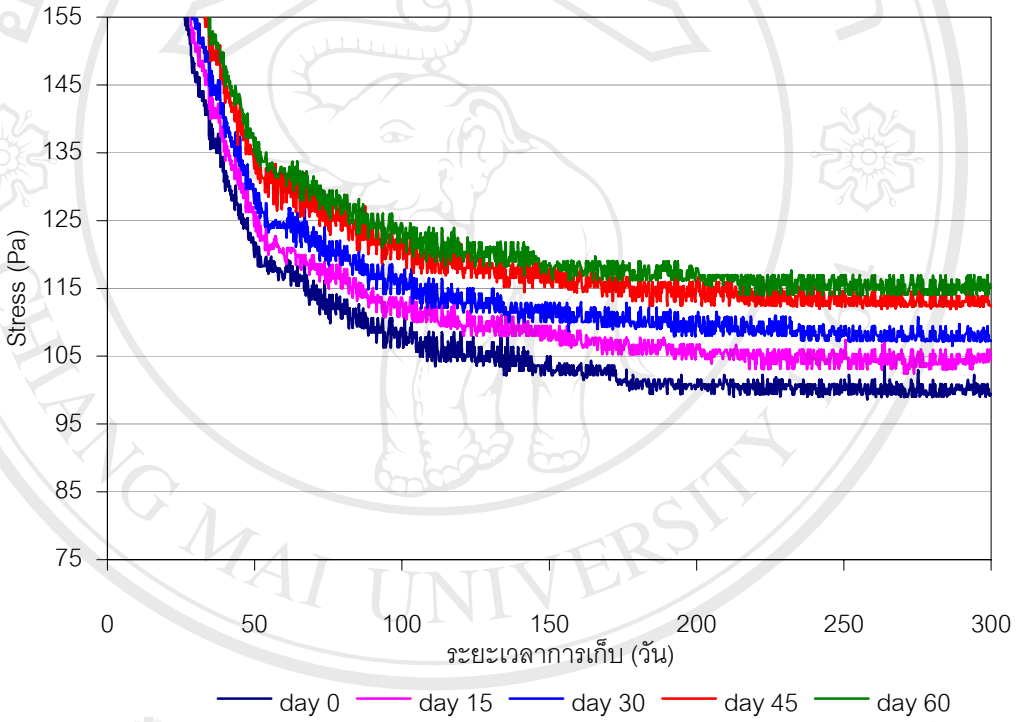


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนระหว่างเก็บที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.10 พบว่ากราฟแสดงการพักความเค้นของแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนฝรั่งมีแนวโน้มลดลงและค่าสมดุลความเค้นมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งลดลง นั่นคือมีค่าความยืดหยุ่นลดลง นอกจากนี้แยมจะเริ่มเกิดการแยกตัวของของเหลวเมื่อทำการเก็บรักษานาน

30 วัน อาจเนื่องจากเกิดการเสื่อมคุณภาพของเจลเพคตินเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง โดยจะมีการไหลซึมออกมาของของเหลวที่เป็นส่วนประกอบของเจล (syneresis) คล้ายกับรูป 4.8 และสอดคล้องกับรูปที่ 4.12-4.13 ที่มีปริมาณความชื้นและค่ากัมมันตภาพน้ำเพิ่มขึ้น ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีค่าสมดุลความเค้นในวันที่ 0 เท่ากับ 244.85 Pa เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันจะมีค่าสมดุลความเค้นลดลงเหลือ 196.62 Pa ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข. (ตารางภาคผนวก ข9)



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.11 พบว่ากราฟแสดงการพักความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าสมดุลความเค้นมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าแยมฝรั่งแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งเพิ่มมากขึ้นนั่นคือมีค่าความยืดหยุ่นมากขึ้น สอดคล้องกับรูปที่ 4.12-4.13 ที่มีปริมาณความชื้นและค่ากัมมันตภาพน้ำลดลง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วันแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่มีการเสื่อมสภาพของเจลคือไม่แสดงลักษณะที่มีของเหลวไหลซึมออกมา (syneresis) เนื่องจากการใช้ความดันสูงจะช่วยเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

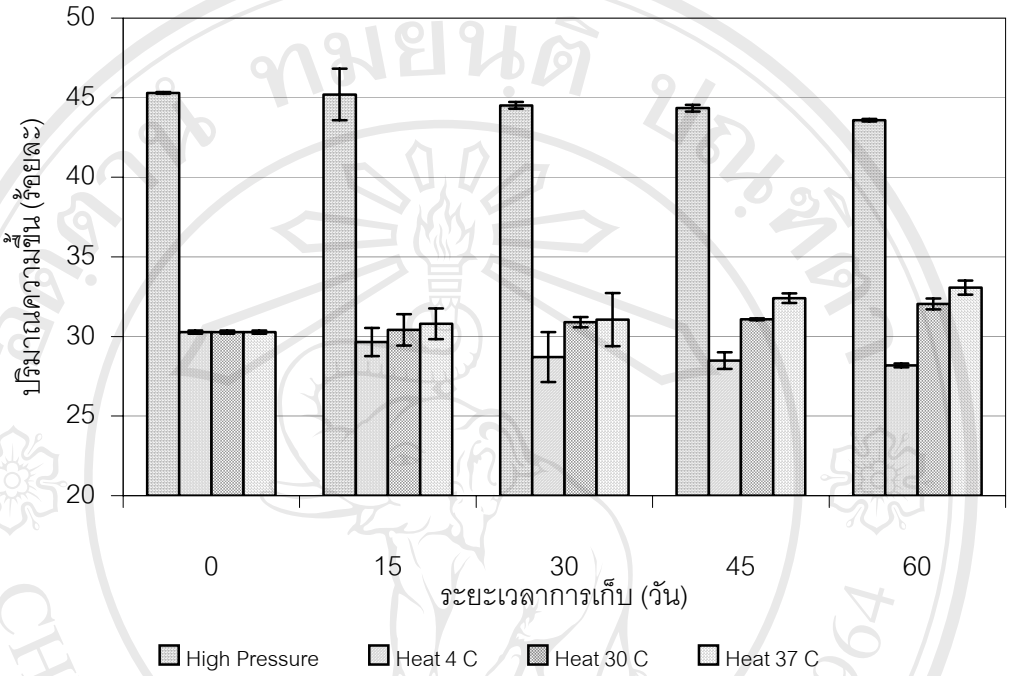
ความสามารถในการจับกับน้ำของเพคติน (Fernandez Garcia *et al.,* 2001) ทำให้เจลของ เพคตินไม่เกิดการแยกตัวของของเหลว ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าสมดุลความเค้นในวันที่ 0 เท่ากับ 99.36 Pa เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันจะมีค่าสมดุลความเค้นเพิ่มขึ้นเป็น 115.16 Pa ค่าสมดุลความเค้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข10)

เมื่อพิจารณาสมบัติวิสโคอีลาสติกระหว่างการเก็บรักษาของแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงพบว่า แยมที่ผ่านการใช้ความร้อนจะแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งมากกว่าแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงเพราะมีค่าสมดุลความเค้นสูงกว่า และเมื่อทำการเก็บรักษาแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส จะเกิดการเสื่อมคุณภาพของเจลเพคตินทำให้มีของเหลวไหลซึมออกมา (syneresis) และเกิดการแยกตัวของของเหลว ทำให้แยมแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน จะยังคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีอยู่ไม่เกิดการแยกตัวของของเหลว และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงจะแสดงสมบัติวิสโคอีลาสติกแบบของแข็งน้อยกว่าแยมที่ผ่านการใช้ความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 คุณสมบัติทางเคมี

1.ปริมาณความชื้น



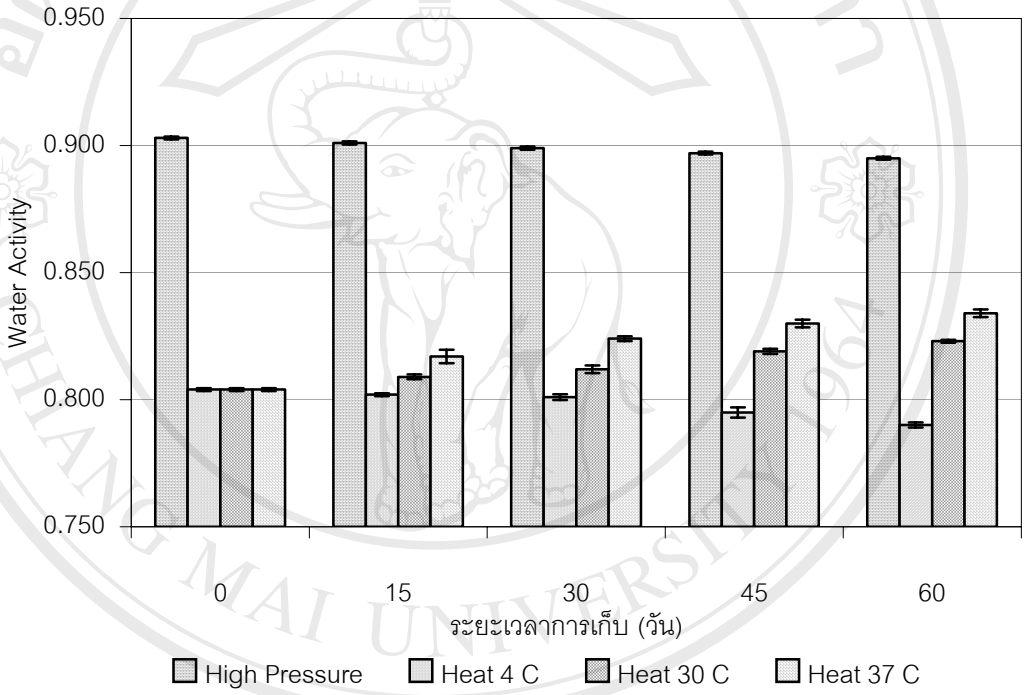
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.12 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อนำมาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนั้นอาจเกิดจากการคลายความชื้นของแยมส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น สอดคล้องกับค่าสมดุลความเค้นที่เพิ่มขึ้นในรูปที่ 4.8 และ 4.11 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการเสื่อมคุณภาพของเจล เพคตินทำให้เกิดกระบวนการ syneresis ปริมาณความชื้นของแยมจึงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีปริมาณความชื้นในวันที่ 0 เท่ากับร้อยละ 30.28 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 28.18, 32.05, 33.07 ตามลำดับ และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีปริมาณความชื้นในวันที่ 0 เท่ากับร้อยละ 45.30 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 43.58 แยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

30 และ 37 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณความชื้นของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา ค่าปริมาณความชื้นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข11)

2. ค่ากัมมันตภาพน้ำ



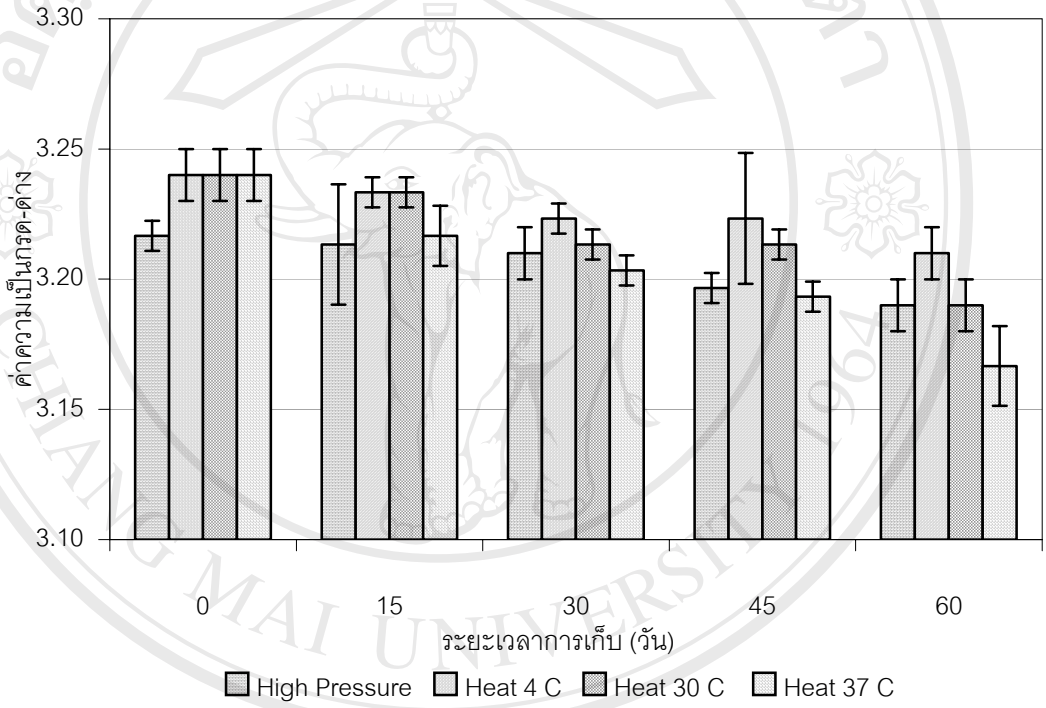
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่ากัมมันตภาพน้ำของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.13 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อนำมาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสค่ากิจกรรมอิสระของน้ำมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่ลดลง และแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าค่ากัมมันตภาพน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีค่ากัมมันตภาพน้ำในวันที่ 0 เท่ากับ 0.804 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่ากัมมันตภาพน้ำมีค่าเท่ากับ 0.790, 0.823, 0.834 ตามลำดับ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่ากัมมันตภาพน้ำในวันที่ 0 เท่ากับ 0.903 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่ากัมมันตภาพน้ำมีค่าเท่ากับ 0.895 นอกจากนี้แยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีค่ากัมมันตภาพน้ำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา ค่ากัมมันตภาพน้ำของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข12)

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง



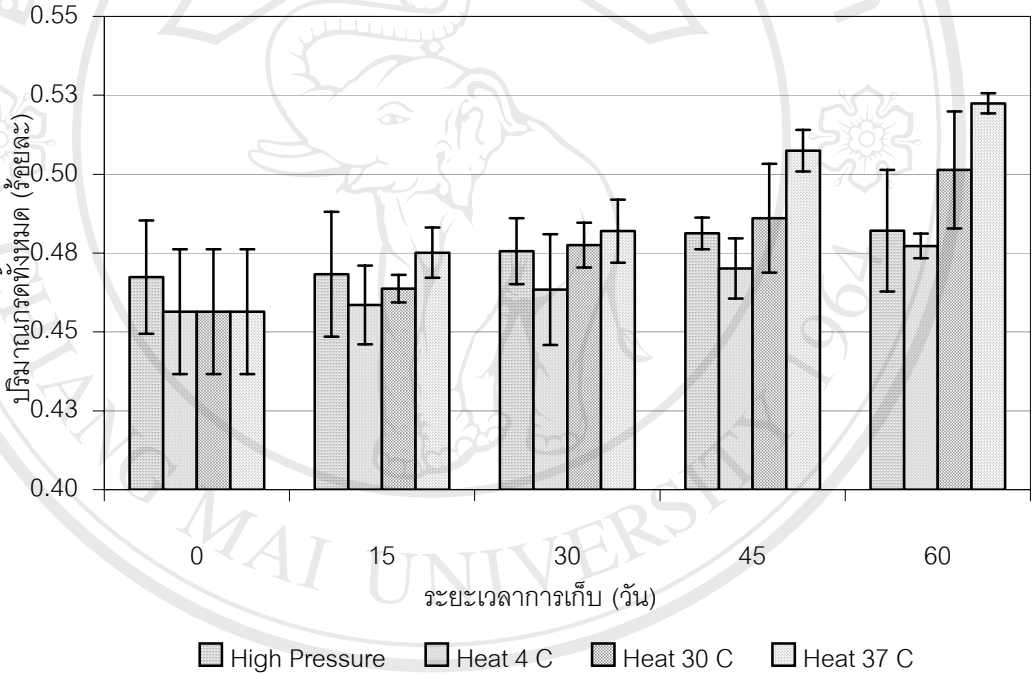
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.14 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บ ทั้งนี้เนื่องมาจากจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในแยม โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอาหารในการสร้างกรดมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (มณธิดา, 2546) สอดคล้องกับตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 0 เท่ากับ 3.24 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเหลือ 3.21, 3.19, 3.17 ตามลำดับ และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 0 เท่ากับ 3.22 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา

เซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเหลือ 3.19 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัย-สำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข13)

4.ปริมาณกรดทั้งหมด



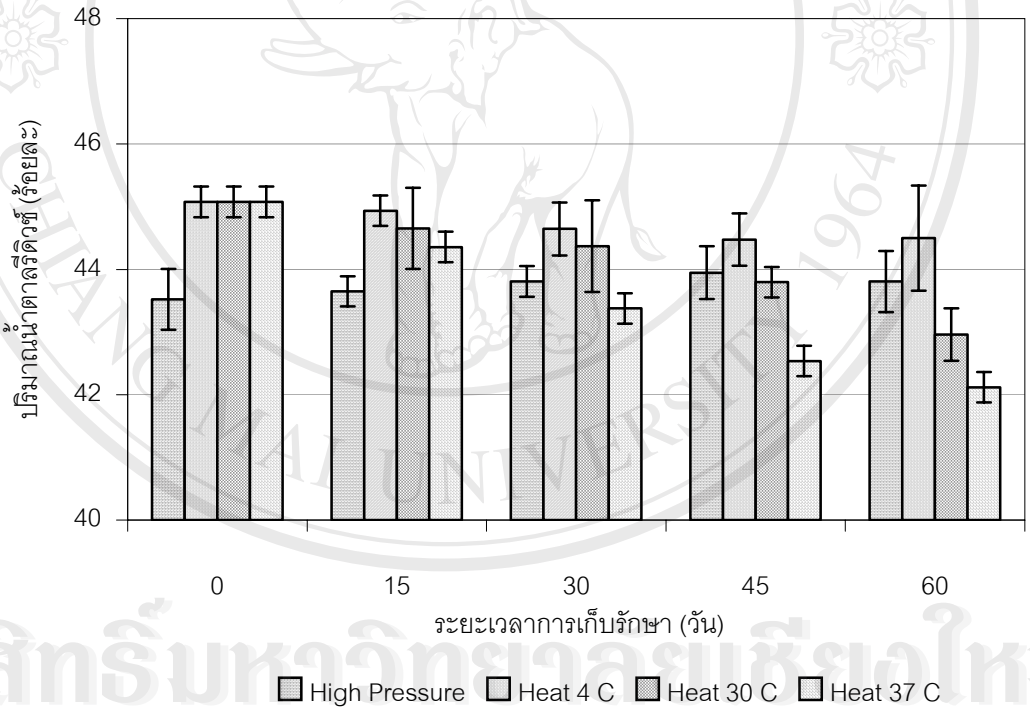
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงปริมาณกรดทั้งหมดของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.15 พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากแยมมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักและน้ำตาลจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายแล้วผลิตกรดขึ้น (สุมาลี, 2541) จึงมีปริมาณกรดเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง แยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีปริมาณกรดทั้งหมดในวันที่ 0 เท่ากับร้อยละ 0.46 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.48, 0.50, 0.52 ตามลำดับ และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีปริมาณ

กรดทั้งหมดในวันที่ 0 เท่ากับร้อยละ 0.47 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.48 โดยเฉพาะในแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสปริมาณกรดทั้งหมดในแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซลียสปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา ปริมาณกรดทั้งหมดในแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข14)

5. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์



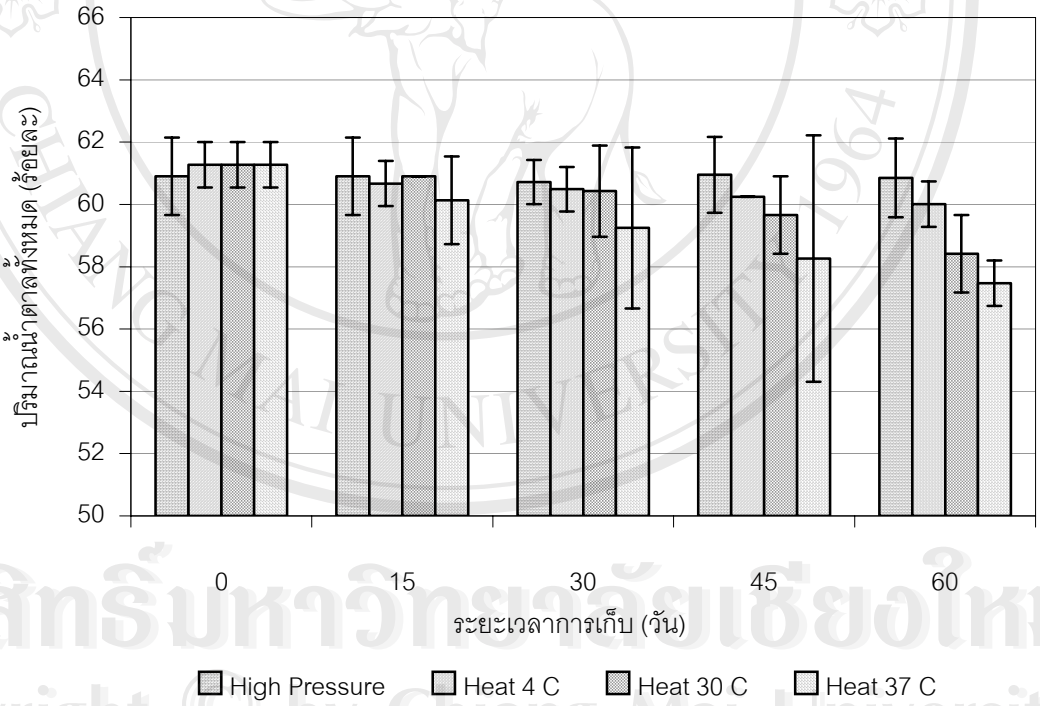
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.16 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวโน้มลดลงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานที่สำคัญของจุลินทรีย์ (Omonigho and Ikenebomeh, 2000) สอดคล้องกับตารางที่ 4.11 และ 4.12 ที่แสดงผลของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมถึงเชื้อยีสต์และรา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในวันที่ 0 ร้อยละ 45.08 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเหลือร้อยละ 44.50, 42.96, 42.12 ตามลำดับ และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในวันที่ 0 ร้อยละ 43.52 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 43.81 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข15)

6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.17 พบว่ามีผลคล้ายกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์คือแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโต (สุมาลี , 2541) สอดคล้องกับตารางที่ 4.11 และ 4.12 ที่แสดงผลของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมถึงเชื้อยีสต์และรา โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในวันที่ 0 ร้อยละ 61.27 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วันปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเหลือร้อยละ 60.01, 58.42, 57.47 ตามลำดับ และแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในวันที่ 0 ร้อยละ 60.90 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเหลือร้อยละ 60.85 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข 16)

7. ปริมาณเพคติน

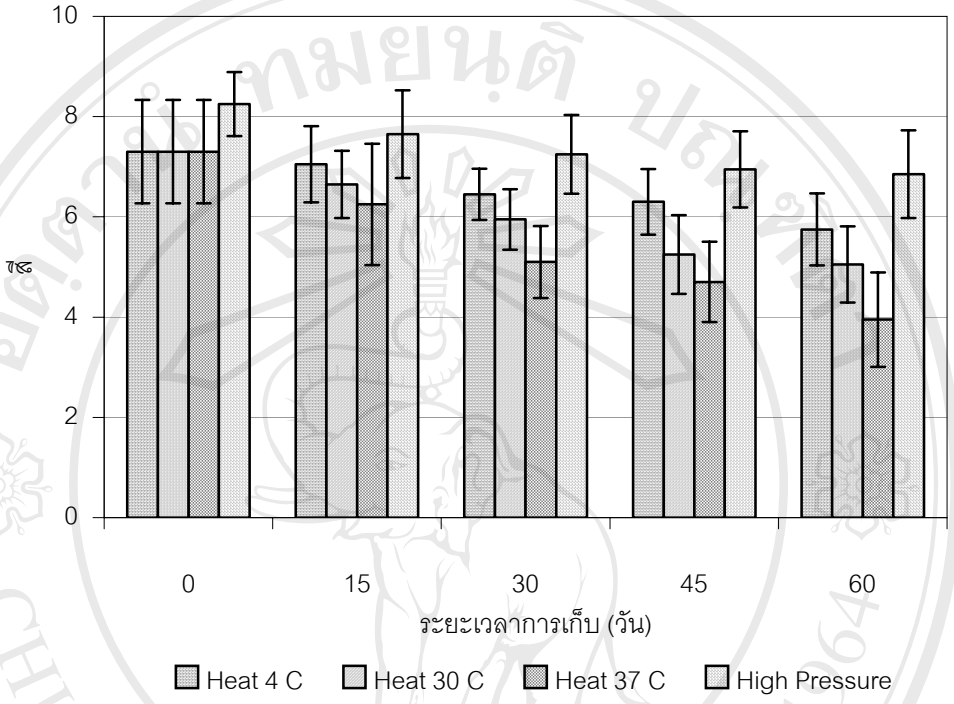
ปริมาณเพคตินในแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มคงที่และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บ โดยแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนจะมีปริมาณเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 1.757-1.760 และแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงจะมีปริมาณเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 6.205-6.207 การที่แยมที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีปริมาณเพคตินที่แตกต่างกัน เนื่องจากแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนมีการเติมเพคตินร้อยละ 0.5 ส่วนแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงจะมีการเติมเพคตินในปริมาณที่มากกว่าคือร้อยละ 5 ปริมาณเพคตินของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข17)

เนื่องจากเพคตินต้องอาศัยความร้อนช่วยในการเกิดเจล แต่แยมที่ผลิตโดยใช้ความดันสูงไม่มีการใช้ความร้อน ความหนืดของแยมเกิดจากการพองตัวของเพคตินเมื่อโดนน้ำ ดังนั้นจึงต้องเติมเพคตินในปริมาณที่มากเพื่อให้เกิดความหนืดในแยม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. สี

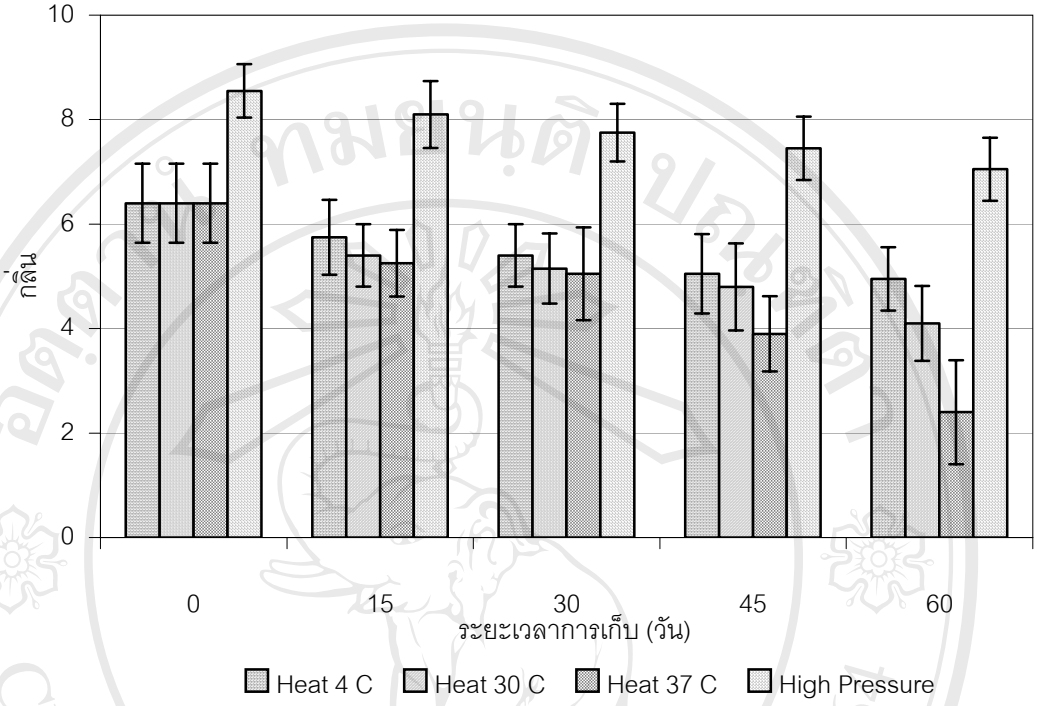


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.18 พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยคะแนนการทดสอบในวันที่ 0 ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าเท่ากับ 8.25 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 6.85 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีคะแนนทดสอบในวันที่ 0 เท่ากับ 7.3 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 5.75, 5.05 และ 3.95 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทำการทดสอบมีการยอมรับด้านสีของแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมากที่สุด รองลงมาคือแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. กลิ่น

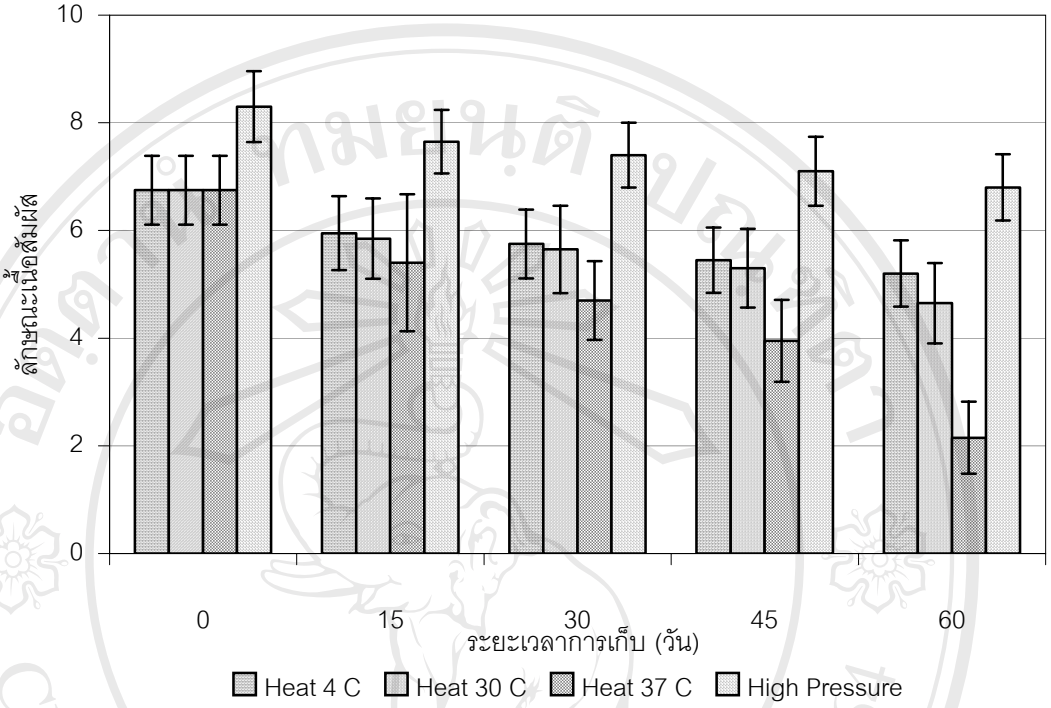


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.19 พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยคะแนนการทดสอบในวันที่ 0 ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าเท่ากับ 8.55 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 7.05 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีคะแนนทดสอบในวันที่ 0 เท่ากับ 6.40 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 4.95, 4.10 และ 2.40 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทำการทดสอบมีการยอมรับด้านกลิ่นของแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมากที่สุด รองลงมาคือแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข 19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

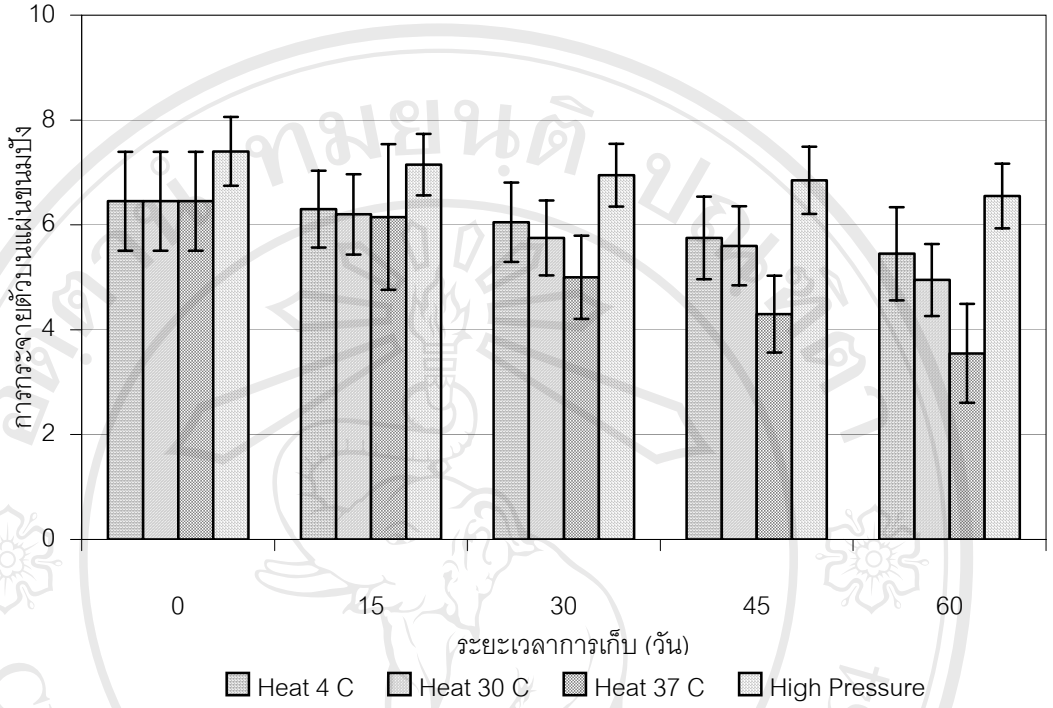


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.20 พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยคะแนนการทดสอบในวันที่ 0 ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าเท่ากับ 8.30 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 6.80 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีคะแนนทดสอบในวันที่ 0 เท่ากับ 6.75 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 5.20, 4.65 และ 2.15 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทำการทดสอบมีการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมากที่สุด รองลงมาคือแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข20)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การกระจายตัวบนแผ่นขนมปัง

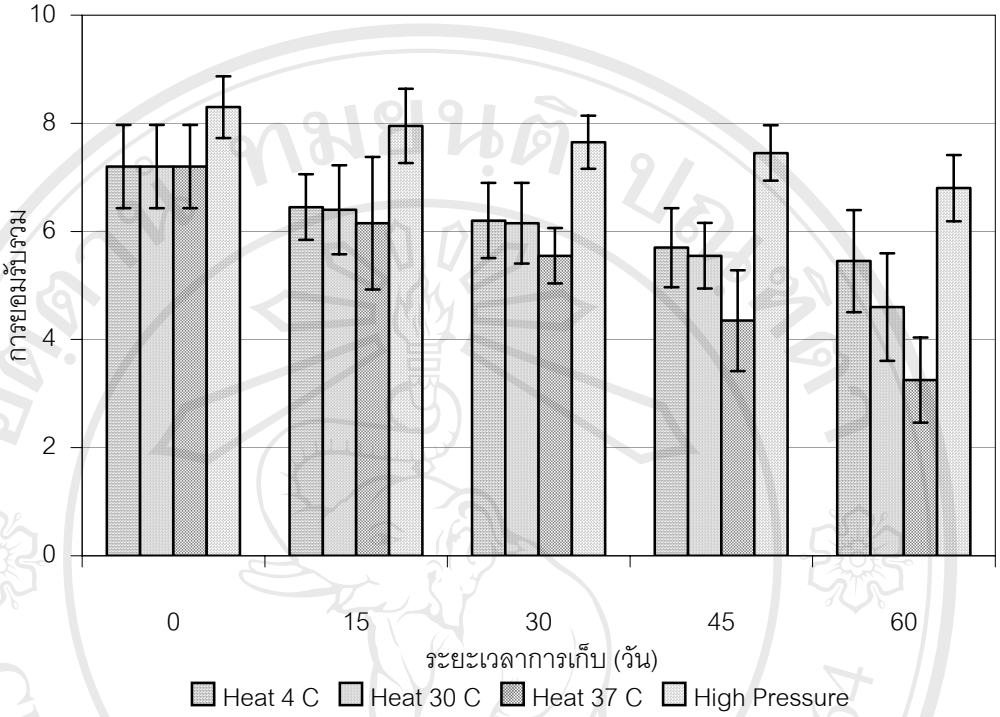


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวบนแผ่นขนมปังของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.21 พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวบนแผ่นขนมปังของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยคะแนนการทดสอบในวันที่ 0 ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าเท่ากับ 7.40 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 6.55 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีคะแนนทดสอบในวันที่ 0 เท่ากับ 6.45 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 5.45, 4.95 และ 3.55 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทำการทดสอบมีการยอมรับด้านการกระจายตัวบนแผ่นขนมปังของแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมากที่สุด รองลงมาคือแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวบนแผ่นขนมปังของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข21)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การยอมรับรวม



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน

จากรูปที่ 4.22 พบว่าค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา โดยคะแนนการทดสอบในวันที่ 0 ของแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงมีค่าเท่ากับ 8.30 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 6.80 ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนมีคะแนนทดสอบในวันที่ 0 เท่ากับ 7.20 เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 วัน คะแนนการทดสอบลดลงเหลือ 5.45, 4.60 และ 3.25 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทำการทดสอบให้การยอมรับแยมที่ผ่านการใช้ความดันสูงมากที่สุด รองลงมาคือแยมที่ผ่านการใช้ความร้อนที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข (ตารางภาคผนวก ข22)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ในแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU /g)			
	Heat 4 °C	Heat 30 °C	Heat 37 °C	High Pressure
0	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	< 250	ND
45	ND	< 250	< 250	ND
60	ND	< 250	< 250	ND

หมายเหตุ ND = ตรวจไม่พบ (Not Detected)

จากตาราง 4.11 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะตรวจไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสจะมีการตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 45 และ 30 ตามลำดับ แต่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณน้อยกว่า 250 CFU/g แสดงว่าการใช้ความร้อนและความดันสูงในการผลิตแยมฝรั่งสามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความร้อนจะทำให้โปรตีนในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์จับตัวกันตกตะกอน (Coagulation) และทำให้เอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์เสื่อมสภาพเป็นผลให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (สุมาลี, 2541) ส่วนการใช้ความดันสูงพบว่าความดันจะมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้สูญเสียคุณสมบัติการแทรกผ่านของสารต่างๆ และมีผลยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการเมตาบอลิซึม นอกจากนี้ยังทำให้โปรตีนถูกทำลาย อย่างไรก็ตามความดันไม่อาจสามารถทำลายเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์เพียงแต่ทำให้เกิดบาดแผลหรือความเสียหายเท่านั้นนั้น (Prestamo *et al*., 1999; Tedford *et al*., 1998) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yen and Lin (1996) ที่ศึกษาผลของเทคนิคความดันสูงต่ออายุการเก็บเนื้อฝรั่งตีป่นพบว่า ความดันที่ 600 MPa อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเหลือน้อยกว่า 10 CFU/ml ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (CFU /g) ในแยมฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 37 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณยีสต์และรา(CFU /g)			
	Heat 4 °C	Heat 30 °C	Heat 37 °C	High Pressure
0	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	< 250	ND
45	ND	ND	< 250	ND
60	ND	< 250	< 250	ND

หมายเหตุ ND = ตรวจไม่พบ (Not Detected)

จากตาราง 4.12 พบว่าแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนและแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความดันสูงเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และรา ส่วนแยมฝรั่งที่ผ่านการใช้ความร้อนเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสจะมีการตรวจพบเชื้อยีสต์และราในวันที่ 60 และ 30 ตามลำดับ แต่ปริมาณเชื้อยีสต์และราทั้งหมดมีปริมาณน้อยกว่า 250 CFU/g แสดงว่าการใช้ความร้อนและความดันสูงในการผลิตแยมฝรั่งสามารถควบคุมปริมาณเชื้อยีสต์และราได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Horie และคณะ (1991) ที่ว่าการใช้ความดัน 294 MPa เป็นเวลา 20 นาทีในการผลิตแยมสามารถกำจัดยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii* และแบคทีเรีย *Staphylococcus* spp., *Salmonella* spp. และแบคทีเรียโคลิฟอร์มได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Bull และคณะ (2004) ยังพบว่าการใช้ความดัน 300-700 MPa สามารถทำลายเชื้อยีสต์และราได้

นอกจากนั้นแยมฝรั่งทุกหน่วยการทดลองยังตรวจไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุกช่วงการเก็บรักษา แสดงว่าการใช้ความร้อนและความดันสูงในการผลิตแยมฝรั่งสามารถควบคุมปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Houska และคณะ (2005) ที่พบว่าการใช้ความดัน 500 MPa เป็นระยะเวลา 10 นาที ทำให้ตรวจไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำผักผลไม้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วันที่อุณหภูมิแช่เย็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved