บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของลิ้นจี่สด

สีของผลไม้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญ ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏ การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาได้ค่าสี L* เท่ากับ 47.36 ค่าสี a* เท่ากับ 4.48 และค่าสี b* เท่ากับ -1.44 โดยค่า L* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง a* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน

ตาราง 4.1 คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่สดพันธุ์กวางเจา

คุณภาพทางเคมี	ปริมาณ
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก (%)	0.42 ± 0.01
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 g)	15.35 ± 0.49
ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%)	9.94 ± 0.55
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	14.56 ± 0.49
กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (unit/ml)	154.13 ± 16.72
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)	0.795 ± 0.03
Leucoanthocyanidin number	267.50 ± 5.73
ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g fresh)	0.155 ± 0.03

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่มีความแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ ภูมิประเทศ ฤดูกาล การจัดการระหว่างการปลูก และระยะความแก่อ่อนระหว่างการเก็บเกี่ยว (นิธิยาและดนัย, 2533) จากตาราง 4.1 ในเนื้อลิ้นจี่พบปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 9.94 และ 14.56 % ตามลำดับ ซึ่งน้ำตาลที่อยู่ในเนื้อผลไม้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่สดเท่ากับ 154.13 unit/ml สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในอาหารได้ จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของศุภรัตน์ (2544) ซึ่งวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาพบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกเท่ากับ 0.48 % ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 14.78 mg/100 g ปริมาณสารประกอบฟีนอล 146.54 mg/ 100 g ส่วนงานทดลองของเบญจมาศ (2544) ที่ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวยที่มีผลแก่เต็มที่และผลที่แก่ไม่เต็มที่ โดยการวิเคราะห์ผลที่แก่เต็มที่พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกเท่ากับ 0.48 % น้ำตาลรีดิวส์เท่ากับ 9.88 % น้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.35 % และผลการวิเคราะห์ผลที่แก่ไม่เต็มที่พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกเท่ากับ 0.55 % น้ำตาลรีดิวส์เท่ากับ 9.71 % และน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.06 %

4.2 ผลการแปรรูปลิ้นจี่ด้วยเทคนิคความร้อน

จากการทดลองใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 นาที พบว่าความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 นาที เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมซึ่งเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง แต่การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีความแน่นเนื้อมากกว่า ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงใช้ลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาแปรรูปในน้ำเชื่อมโดยเลือกใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เพราะเป็นสภาพที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ และยังมีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์และกายภาพ

คุณภาพ	ความร้อน 90 ^{o}C 3 นาที	ความร้อน 90 ^{o}C 5 นาที
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	< 10	< 10
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	< 10	< 10
ความแน่นเนื้อ (g)	68.20	52.84

ศึกษาผลของการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่มี KMS 100 ppm และผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ทำการวิเคราะห์ค่าสี และคุณภาพทางเคมี มีผลการทดลองดังนี้

คุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่

ตาราง 4.3 ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

คุณภาพทางกายภาพ	สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่	
	ไม่แช่สารผสม	แช่สารผสม
ค่าสี L*	60.56 ± 0.67	59.87 ± 1.22
ค่าสี a*	3.31 ± 0.20	3.16 ± 0.14
ค่าสี b*	-2.52 ± 0.49	-2.34 ± 0.13

ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.3 โดยค่า L* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง ค่า a* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง ค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี L* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื้อลิ้นจี่มีค่าสี L* อยู่ในช่วง 59.87 ถึง 60.56 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่าสี L* เท่ากับ 47.36 ค่าสี L* ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากความร้อนที่ใช้ในการแปรรูป เช่นเดียวกับการทดลองของประไพ (2547) ลิ้นจี่สดพันธุ์ฮงฮวยมีค่าสี L* เท่ากับ 43.79 ส่วนลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 18 นาที มีค่าสี L* อยู่ในช่วง 58.20 – 60.41 การใช้ความร้อนทำให้ค่าสี L* และ b* ของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น (Yen and Lin, 1996)

ด้านค่าสี a* พบว่าปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี a* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื้อลิ้นจี่มีค่าสี a* อยู่ในช่วง 3.16 ถึง 3.31 ซึ่งมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่า a* เท่ากับ 4.48 ค่าสี a* ที่ลดลงเกิดจากแอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี การเติมกรดซิตริก 0.1 – 0.15 % ในน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 ^{o}Brix (pH มีค่า 4.4 – 4.5) สามารถป้องกันการเกิดสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋องได้ (Chakraborty *et al.,* 1974)

ส่วนค่าสี b* พบว่าปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี b* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื้อลิ้นจี่มีค่าสี b* อยู่ในช่วง -2.52 ถึง -2.34 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่า b* เท่ากับ -1.44 ค่าสีที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์และปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนั้นการใช้ความร้อนทำให้ค่าสี L* และ b* ของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น (Yen and Lin, 1996)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมด

ตาราง 4.4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

คุณภาพทางเคมี	สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่	
	ไม่แช่สารผสม	แช่สารผสม
ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%)	11.50 ± 0.30	11.66 ± 0.24
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(%)	18.47 ± 0.80	17.99 ± 0.56
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	0.33^{b} ± 0.01	0.36^{a} ± 001
ปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ (%)	42.84^{b} ± 1.54	51.03^{a} ± 6.51

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.4 โดยปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอ-ไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจาก

ในขั้นตอนกระบวนการผลิตของการเตรียมน้ำเชื่อมมีการควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 23 ^{o}Brix ทุกชุดการทดลอง จึงส่งผลให้ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน

ปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.4 โดยปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 0.36 % เนื่องจากมีกรดซิตริกจากขั้นตอนการแช่หลงเหลืออยู่

ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.4 โดยปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณวิตามินซีที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 51.03 % วิตามินซีเป็นสารรีดิวส์อย่างแรง มีความคงตัวต่ำ ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายด้วยออกซิเจนในอากาศ และสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน จึงทำให้ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง สารละลายน้ำตาลช่วยในการเคลือบเนื้อเยื่อผลไม้ทำให้ก๊าซออกซิเจนแพร่ผ่านเข้าไปได้น้อยทำให้วิตามินซีถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนน้อย ส่วนวิตามินซีเมื่ออยู่ในสารละลายที่เป็นกรดจะมีอัตราการสลายตัวต่ำกว่าวิตามินซีที่อยู่ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นด่างหรือเป็นกลาง ดังนั้นการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมจึงมีปริมาณวิตามินซีมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ตาราง 4.5 คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

คุณภาพทางเคมี	สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่	
	ไม่แช่สารผสม	แช่สารผสม
กิจกรรมของ PPO ที่เหลืออยู่ (%)	$16.84^{a} \pm 5.27$	$4.93^{b} \pm 1.41$
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)	0.602 ± 0.04	0.586 ± 0.03
leucoanthocyanidinที่เหลืออยู่ (%)	$47.08^{a} \pm 2.84$	$40.82^{b} \pm 2.41$
ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100g fresh)	0.176 ± 0.06	0.169 ± 0.02

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.5 โดยปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 16.84 %

กรดซิตริกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้โดยกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นคีเลติงเอเจนต์ในการจับกับโลหะทองแดงซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานช้าลง (Martinez and Whitaker, 1995) กรดซิตริกเข้าจับกับทองแดงมีผลทำให้ทองแดงจับกับเอนไซม์ในรูป citric acid - copper (Π) complex ถูกออกซิไดส์เปลี่ยนจาก Cu^{2+} ไปเป็น Cu^{+} ทำให้ complex ระหว่างเอนไซม์กับโคแฟคเตอร์เปลี่ยนแปลงและเอนไซม์ทำงานไม่ได้หรือช้าลง กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดฟอสฟอริคสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยการลด pH และ/หรือ จับกับทองแดง (Richarson and Hyslop, 1985) การเปลี่ยนแปลง pH ทำให้กรดอะมิโนมีการเปลี่ยนแปลงประจุซึ่งมีผลต่อการจับกับสับสเตรตและ/หรือการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ และยังทำให้โปรตีนมีการเสียสภาพ ซึ่ง pH ที่เหมาะสมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่เท่ากับ 7.0 และถ้าลด pH ลงถึง 4.0 ส่งผลให้เอนไซม์มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมลดลงเป็นอย่างมาก (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005) นอกจากนั้นแคลเซียมคลอไรด์สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ (Severini *et al*, 2003) ดังนั้นการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิ เดสมีกิจกรรมลดลง

เมื่อผ่านความร้อนแล้ว กิจกรรมของเอนไซม์ในลิ้นจี่ลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้เอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้โครงสร้างบริเวณเร่งของเอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (นิธิยา, 2543) การให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 วินาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำฝรั่งลดลงเหลือ 66.67 % และ 52.31 % ตามลำดับ (เรวัตร, 2549) การใช้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำแอปปริคอทได้ (Ponting *et al*., 1954) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ออุณหภูมิ คือ สับสเตรต pH แหล่งของเอนไซม์ และลักษณะการถ่ายเทความร้อนไปยังชิ้นอาหาร (Vámos-Vigyázó, 1981) นี่จึงเป็นเหตุผลว่าลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่

ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.5 โดยปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนแล้วปริมาณฟีนอลลดลงไปเมื่อเทียบกับลิ้นจี่สด เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่หลังการแปรรูปสามารถทำให้สารประกอบฟีนอลเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้สาร o-quinone จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณฟีนอลลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดิน

ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.5 ปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 47.08 % ทั้งนี้เนื่องจากลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณกรดมากกว่าจึงทำให้ลิวโคแอนโทไซยานิดินเปลี่ยนไปเป็นแอนโทไซยานินเมื่อนำไปให้ความร้อน ส่งผลให้ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินมีค่าลดลง และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนมีปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินลดลงเมื่อเทียบกับลิ้นจี่สด

ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แสดงในตาราง 4.5 ปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับลิ้นจี่สดปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นหลังการแปรรูปลิ้นจี่ด้วยความร้อนเกิดจากลิวโคแอนโทไซยานิดินเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานิน Wu and Chen (1999) รายงานว่า การเกิดสีชมพูของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมสามารถลดลงได้ ถ้าปริมาณน้ำตาลที่เติมในน้ำเชื่อมมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในเนื้อผลไม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิวโคแอนโทไซยานิดินเป็น Proanthocyanidins ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานิดิน เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด (Von Elbe and Schwartz, 1996) ส่วน cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinoside และ malvidin-3-glucoside เป็นรงควัตถุหลักของแอนโทไซยานินในลิ้นจี่ (Lee and Wicker, 1987) ความคงตัวของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ pH ออกซิเจน เอนไซม์ copigment ไอออนของโลหะ กรดแอสคอร์บิค ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ น้ำตาลและการสลายตัวของผลิตภัณฑ์ (Jackman *et al.* 1987)

4.3 ผลการแปรรูปลิ้นจี่ด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่งร่วมกับอุณหภูมิ

ศึกษาผลของการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่มี KMS 100 ppm และผ่านกระบวนการให้ความดันสูงยิ่ง จากการทดลองของ Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) พบว่าการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่สดพันธุ์ฮงฮวยที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งได้มากกว่า 90 % ดังนั้นจึงเลือกความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ในการทดลอง มีผลการทดลองดังนี้

คุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่

ตาราง 4.6 ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อค่าสี L*, a* และ b*

ปัจจัย	ค่าสี		
	L*	a*	b*
อุณหภูมิที่ใช้ (A)			
30 °C (a1)	52.54 [b] ± 0.88	0.55 ± 0.52	-1.77 [b] ± 0.55
50 °C (a2)	55.88 [a] ± 1.03	-0.01 ± 0.54	-0.30 [a] ± 0.68
สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่ (B)			
ไม่แช่สารผสม (b1)	54.58 ± 1.92	0.33 ± 0.48	-0.94 ± 0.90
แช่สารผสม (b2)	53.85 ± 2.05	0.21 ± 0.71	-1.13 ± 1.07
AxB			
a1b1	53.02 [b] ± 0.75	0.66 ± 0.38	-1.60 [b] ± 0.76
a1b2	52.07 [b] ± 0.80	0.44 ± 0.67	-1.94 [b] ± 0.24
a2b1	56.13 [a] ± 1.27	0.00 ± 0.33	-0.28 [a] ± 0.43
a2b2	55.63 [a] ± 0.85	-0.03 ± 0.76	-0.32 [a] ± 0.95

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.6 อุณหภูมิ 2 ระดับที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อค่าสี L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสี L* มากกว่า ซึ่งเท่ากับ 55.88 ส่วนปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี L* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลจากอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่ง เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดทดลองมีค่าสี L* อยู่ในช่วง 52.07 ถึง 56.13 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่าสี L* เท่ากับ 47.36 เช่นเดียวกับการทดลองของ Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) การเพิ่มอุณหภูมิร่วมกับความดันสูงยิ่ง (20 และ 60 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ค่าสี L* ของเนื้อลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น และลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งมีค่าสี L* มากกว่าลิ้นจี่สด

ด้านค่าสี a* พบว่าอุณหภูมิ 2 ระดับที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อค่าสี a* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี a* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี a* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดทดลองมีค่าสี a* อยู่ในช่วง -0.03 ถึง 0.66 ซึ่งมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่า a* เท่ากับ 4.48 ค่าสี a* ที่ลดลงเกิดจากแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) รายงานว่า การเพิ่มความดันสูงยิ่ง (200 – 600 MPa) ส่งผลให้ค่าสี a* ของลิ้นจี่มีค่าลดลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความดันสูงยิ่งช่วยลดการเกิดสีชมพู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนค่าสี b* พบว่าอุณหภูมิ 2 ระดับที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อค่าสี b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* มากกว่า ซึ่งเท่ากับ -0.30 ส่วนปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี b* ในแต่ละชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการ

แช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อค่าสี b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลจากอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่ง เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* อยู่ในช่วง -1.94 ถึง -1.60 ซึ่งมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่าสี b* เท่ากับ -1.44 ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* อยู่ในช่วง -0.32 ถึง -0.28 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สด ค่าสี b* ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) รายงานว่า การใช้ความดันสูงยิ่งที่อุณหภูมิ 20 ถึง 60 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าสี b* ของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งลิ้นจี่ที่ผ่านความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าสี b* เพิ่มขึ้นมากที่สุด

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ตาราง 4.7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมด

ปัจจัย	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)
อุณหภูมิที่ใช้ (A)		
30 °C (a1)	11.64 ± 0.11	18.42 ± 0.44
50 °C (a2)	11.58 ± 0.16	18.23 ± 0.48
สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่ (B)		
ไม่แช่สารผสม (b1)	11.61 ± 0.09	18.44 ± 0.49
แช่สารผสม (b2)	11.62 ± 0.18	18.21 ± 0.42
AxB		
a1b1	11.63 ± 0.09	18.60 ± 0.35
a1b2	11.66 ± 0.14	18.25 ± 0.49
a2b1	11.59 ± 0.10	18.28 ± 0.61
a2b2	11.58 ± 0.22	18.17 ± 0.40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.7 ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน เนื่องจากในขั้นตอนกระบวนการผลิตของการเตรียมน้ำเชื่อมมีการควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 23 ^{o}Brix ทุกชุดการทดลอง จึงส่งผลให้ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน

ปริมาณกรดทั้งหมด

ตาราง 4.8 ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลิ้นจี่ในสาร ละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซี

ปัจจัย	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	ปริมาณวิตามินซีที่เหลือ (%)
อุณหภูมิที่ใช้ (A)		
30 ^{o}C (a1)	0.33 ± 0.03	75.69 ± 3.86
50 ^{o}C (a2)	0.32 ± 0.02	77.89 ± 3.57
สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่ (B)		
ไม่แช่สารผสม (b1)	0.30^{b} ± 0.01	73.56^{b} ± 3.68
แช่สารผสม (b2)	0.34^{a} ± 0.03	81.52^{a} ± 3.76
AxB		
a1b1	0.30^{b} ± 0.01	71.35^{b} ± 3.35
a1b2	0.35^{a} ± 0.03	80.02^{a} ± 4.37
a2b1	0.30^{b} ± 0.01	72.77^{b} ± 4.00
a2b2	0.33^{a} ± 0.02	83.01^{a} ± 3.14

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณกรดทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.8 ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 0.34 % ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าเพราะมีกรดซิตริกจากขั้นตอนการแช่หลงเหลืออยู่

ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.8 ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมากจึงทำให้ปริมาณวิตามินซีทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ส่วนปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีปริมาณวิตามินซีที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 81.52 %

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีปริมาณวิตามินซีลดลงทั้งนี้เนื่องจากวิตามินซีเป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์ที่แรง มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ดังนั้นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์อาจเกิดการออกซิเดชันไปเป็น dehydro-L-ascorbic acid และ diketo-L-gulonic acid ทำให้ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ตาราง 4.9 คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพทางเคมี

ปัจจัย	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือ (%)	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)	ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือ	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g fresh)
อุณหภูมิที่ใช้ (A)				
30 °C (a1)	36.90^{b} ± 5.73	0.420 ± 0.07	50.55^{b} ± 14.41	0.107 ± 0.02
50 °C (a2)	47.09^{a} ± 10.13	0.372 ± 0.08	77.51^{a} ± 1.40	0.112 ± 0.02
สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่ใช้แช่ลิ้นจี่ (B)				
ไม่แช่สารผสม (b1)	47.60^{a} ± 9.40	0.429 ± 0.10	58.44 ± 25.57	0.109 ± 0.01
แช่สารผสม (b2)	36.39^{b} ± 5.01	0.362 ± 0.03	69.62 ± 12.56	0.111 ± 0.02
AxB				
a1b1	40.95^{b} ± 1.81	0.468 ± 0.05	40.36^{c} ± 3.66	0.104 ± 0.03
a1b2	32.84^{c} ± 1.43	0.371 ± 0.04	60.74^{b} ± 2.77	0.110 ± 0.01
a2b1	54.25^{a} ± 4.15	0.390 ± 0.12	76.52^{a} ± 2.55	0.114 ± 0.02
a2b2	39.93^{c} ± 2.16	0.354 ± 0.02	78.50^{a} ± 3.18	0.111 ± 0.02

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงดังตาราง 4.9 โดยปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 47.09 % ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือเท่ากับ 36.90 % การทดลองของ Phunchaisri and

Apichartsrangkoon (2005) รายงานว่าการให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 20 นาที ทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่สดมีกิจกรรมลดลงมากว่า 90 % โดยลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากที่สุด ส่วนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุด ส่วนลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่ผ่านความดันสูงยิ่ง 600 MPa เป็นเวลา 20 นาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้น้อยกว่าลิ้นจี่สด เนื่องจากน้ำเชื่อมช่วยป้องกันเอนไซม์ในลิ้นจี่จากความดัน Seyderhelm *et al*. (1996) รายงานว่าเอนไซม์ pectinesterase ในน้ำส้มที่มีซูโครส 30 % (60 ^{o}Brix) มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าน้ำส้มที่มีซูโครส 11 ^{o}Brix

ส่วนปัจจัยการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดสที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 47.60 % ส่วนลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่ 36.39 % กรดซิตริกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้โดยกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นคีเลติงเอเจนต์ในการจับกับโลหะทองแดงซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานช้าลง (Martinez and Whitaker, 1995) กรดซิตริกเข้าจับกับทองแดงมีผลทำให้ทองแดงจับกับเอนไซม์ในรูป citric acid - copper (∏) complex ถูกออกซิไดส์เปลี่ยนจาก Cu^{2+} ไปเป็น Cu^{+} ทำให้ complex ระหว่างเอนไซม์กับโคแฟคเตอร์เปลี่ยนแปลงและเอนไซม์ทำงานไม่ได้หรือช้าลง การแช่เนื้อมะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกร่วมกันสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้ (วชิรญา, 2548) การใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ (Ihl *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่แช่สารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกและผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือมากที่สุดเท่ากับ 54.25 % สาเหตุที่

กิจกรรมของเอนไซม์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับลิ้นจี่สด เกิดจากความดันสูงยิ่งมีผลต่อโปรตีนในระดับตติยภูมิและจตุรภูมิ และมีผลต่อพันธะนอนโควาเลนท์ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้

ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.9 ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน จากผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณฟีนอลมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สด เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่หลังการแปรรูปสามารถเร่งการออกซิไดส์พวกสารประกอบฟีนอล จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณฟีนอลลดลง

ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดิน

ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.9 ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมากกว่า ซึ่งเท่ากับ 77.51 % ส่วนปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความดันสูงยิ่ง จากผลการทดลองจะเห็นว่าลิวโคแอนโทไซยานิดินมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สด เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่หลังการแปรรูปสามารถเร่งการออกซิไดส์ลิวโคแอนโทไซยานิดินซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอล จึงเป็นสาเหตุให้ลิวโคแอนโทไซยานิดินลดลง

ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.9 อุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและปัจจัยการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับความดันสูงยิ่งและการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน จากผลการทดลองจะเห็นว่าแอนโทไซยานินมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สด เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่หลังการแปรรูปสามารถเร่งการออกซิไดส์แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอล จึงเป็นสาเหตุให้แอนโทไซยานินลดลง ผลของความดันสูงยิ่งต่อปริมาณแอนโทไซยานินในราสเบอรี่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน เอนไซม์สามชนิดที่มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน คือ β-glucosidase, peroxidase และ polyphenol oxidase (Winai *et al.*, 2005)

4.4 ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อม

ศึกษาผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เติมในน้ำเชื่อมที่มีต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อดังนี้

เทคนิคความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที
เทคนิคความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
เทคนิคความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ทำการวิเคราะห์ค่าสี และคุณภาพทางเคมี ได้ผลการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

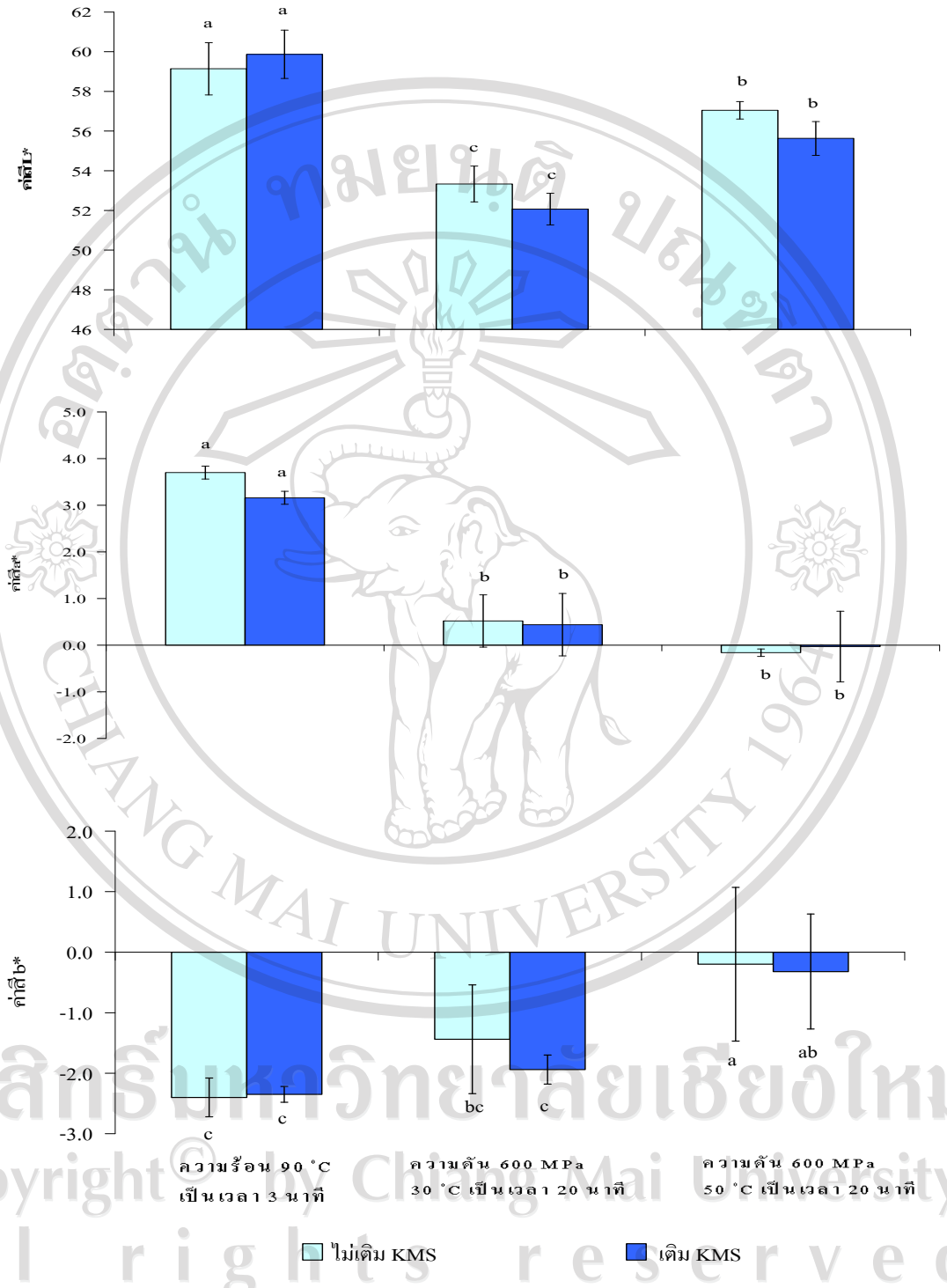
คุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่

ตาราง 4.10 ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อค่าสี L*, a* และ b*

ปัจจัย	ค่าสี		
	L*	a*	b*
กระบวนการแปรรูป (A)			
ความร้อน 90 °C เป็นเวลา 3 นาที (a1)	$59.50^{a} \pm 1.24$	$3.43^{a} \pm 0.31$	$-2.37^{b} \pm 0.23$
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 30 °C เป็นเวลา 20 นาที (a2)	$52.70^{c} \pm 1.04$	$0.48^{b} \pm 0.57$	$-1.69^{b} \pm 0.67$
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 °C เป็นเวลา 20 นาที (a3)	$56.34^{b} \pm 0.98$	$-0.10^{c} \pm 0.51$	$-0.26^{a} \pm 1.04$
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม (B)			
ไม่เติม (b1)	56.50 ± 2.66	1.35 ± 1.78	-1.35 ± 1.26
เติม(b2)	55.86 ± 3.44	1.19 ± 1.56	-1.54 ± 1.05
AxB			
a1b1	$59.14^{a} \pm 1.32$	$3.70^{a} \pm 0.14$	$-2.40^{c} \pm 0.32$
a1b2	$59.87^{a} \pm 1.22$	$3.16^{a} \pm 0.14$	$-2.34^{c} \pm 0.13$
a2b1	$53.33^{c} \pm 0.90$	$0.52^{b} \pm 0.56$	$-1.44^{bc} \pm 0.90$
a2b2	$52.07^{c} \pm 0.80$	$0.44^{b} \pm 0.67$	$-1.93^{c} \pm 0.24$
a3b1	$57.05^{b} \pm 0.44$	$-0.16^{b} \pm 0.08$	$-0.20^{a} \pm 1.27$
a3b2	$55.63^{b} \pm 0.85$	$-0.03^{b} \pm 0.76$	$-0.32^{ab} \pm 0.95$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.1 ค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อค่าสี L*, a* และ b*

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อค่าสี L*, a* และ b* ของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.10 และรูป 4.6 ปัจจัยกระบวนการแปรรูปลิ้นจี่มีผลต่อค่าสี L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านการให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ได้ค่าสี L* มากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 59.50 ปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการแปรรูป เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดทดลองมีค่าสี L* อยู่ในช่วง 52.07 ถึง 59.87 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่าสี L* เท่ากับ 47.36 ถึงแม้ว่าค่าสี L* ของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากของสด แต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่าค่าสี L* ของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน การใช้ความร้อนทำให้ค่าสี L* และ b* ของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น (Yen and Lin, 1996) การเพิ่มอุณหภูมิร่วมกับความดันสูงยิ่ง (20 และ 60 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ค่าสี L* ของเนื้อลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่ามากกว่าลิ้นจี่สด (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005)

ด้านค่าสี a* พบว่าปัจจัยกระบวนการแปรรูปลิ้นจี่มีผลต่อค่าสี a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านการให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ได้ค่าสี a* มากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 3.43 ลิ้นจี่ที่ได้รับความร้อนสูงและอยู่ในสภาวะที่มี pH ต่ำจึงมีผลให้สารพวก condensed tannin ที่มีอยู่ในเนื้อลิ้นจี่ถูกไฮโดรไลส์เปลี่ยนเป็นแคเทชินและลิวโคแอนโทไซยานิดิน ซึ่งจะสลายตัวกลายเป็นแอนโทไซยานิน ทำให้ลิ้นจี่ที่ได้รับความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีค่าสี a* มากที่สุด ปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี a* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการแปรรูป ลิ้นจี่ทุกชุดทดลองมีค่าสี a* อยู่ในช่วง -0.16 ถึง 3.70 ซึ่งมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สดซึ่งมีค่าสี a* เท่ากับ 4.48 ค่าสี a* ที่ลดลงเกิดจากแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี การเพิ่มความดันสูงยิ่ง (200 – 600 MPa) ส่งผลให้ค่าสี a* ของลิ้นจี่มีค่าลดลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความดันสูงยิ่งช่วยลดการเกิดสีชมพู (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านค่าสี b* พบว่าปัจจัยกระบวนการแปรรูปลิ้นจี่มีผลต่อค่าสี b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ผ่านการให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ได้ค่าสี b* มากที่สุด ซึ่งเท่ากับ -0.26 ปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อค่าสี b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* มากที่สุด เนื่องจากชุดทดลองดังกล่าวมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากที่สุด ดังนั้นค่าสี b* ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และปฏิกิริยาเมลลาร์ด การใช้ความดันสูงยิ่งที่อุณหภูมิ 20 ถึง 60 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าสี b* ของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งลิ้นจี่ที่ผ่านความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าสี b* เพิ่มขึ้นมากที่สุด (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005)

เรวัตร (2549) ศึกษาการแปรรูปน้ำฝรั่งด้วยเทคนิคความร้อน 90 องศาเซลเซียส พบว่าการให้ความร้อนเป็นเวลา 30 และ 120 วินาที ทำให้ค่าสี L*, a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากน้ำฝรั่งสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการแปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง พบว่า ความดันสูงยิ่ง 500 MPa อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 20 นาที ไม่ทำให้ค่าสี L*, a* และ b* แตกต่างจากน้ำฝรั่งสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และน้ำตาลทั้งหมด

ตาราง 4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมด

ปัจจัย	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)
กระบวนการแปรรูป (A)		
ความร้อน 90 °C เป็นเวลา 3 นาที (a1)	11.74 ± 0.24	18.45 ± 0.64
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 30 °C เป็นเวลา 20 นาที (a2)	11.68 ± 0.13	18.10 ± 0.67
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 °C เป็นเวลา 20 นาที (a3)	11.62 ± 0.25	18.05 ± 0.49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัย	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม (B)		
ไม่เติม (b1)	11.73 ± 0.22	18.26 ± 0.74
เติม(b2)	11.63 ± 0.19	18.14 ± 0.46
AxB		
a1b1	11.82 ± 0.26	18.91 ± 0.26
a1b2	11.66 ± 0.24	17.99 ± 0.56
a2b1	11.71 ± 0.12	17.94 ± 0.86
a2b2	11.66 ± 0.14	18.25 ± 0.49
a3b1	11.66 ± 0.30	17.94 ± 0.60
a3b2	11.58 ± 0.22	18.17 ± 0.40

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงดังตาราง 4.11 กระบวนการแปรรูปที่ใช้และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน กระบวนการแปรรูปที่ใช้และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ในกระบวนการผลิตลิ้นจี่มีการควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ให้เท่ากัน จึงส่งผลให้ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณกรดทั้งหมด

ตาราง 4.12 ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซี

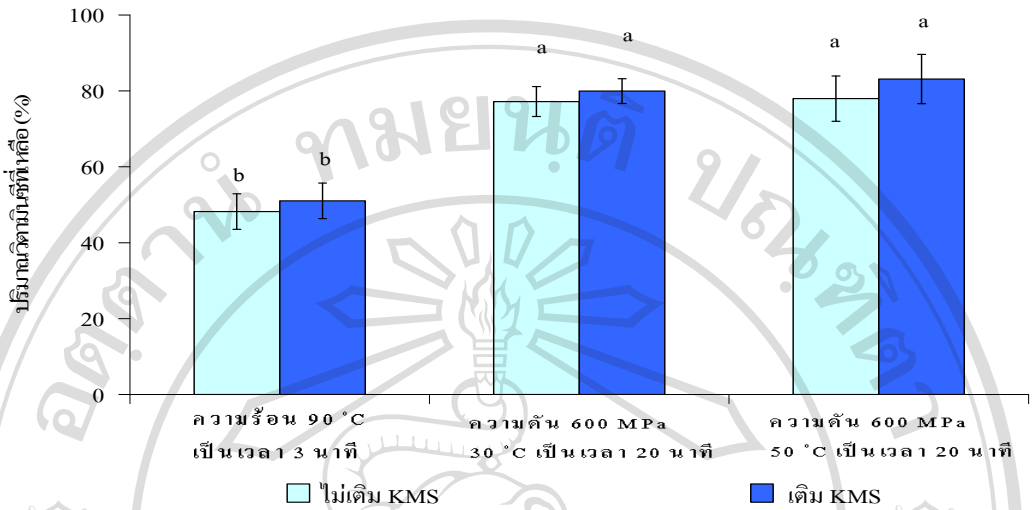
ปัจจัย	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	ปริมาณวิตามินซีที่เหลือ (%)
กระบวนการแปรรูป (A)		
ความร้อน 90 °C เป็นเวลา 3 นาที (a1)	0.36 ± 0.01	46.62[b] ± 2.00
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 30 °C เป็นเวลา 20 นาที (a2)	0.33 ± 0.03	78.56[a] ± 1.95
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 °C เป็นเวลา 20 นาที (a3)	0.33 ± 0.02	80.53[a] ± 3.62
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม (B)		
ไม่เติม (b1)	0.33 ± 0.03	67.78 ± 16.96
เติม(b2)	0.35 ± 0.02	71.35 ± 17.67
AxB		
a1b1	0.35 ± 0.01	42.84[b] ± 1.54
a1b2	0.36 ± 0.01	51.03[b] ± 6.51
a2b1	0.31 ± 0.02	71.35[a] ± 3.35
a2b2	0.35 ± 0.03	80.02[a] ± 4.37
a3b1	0.33 ± 0.03	72.77[a] ± 4.00
a3b2	0.33 ± 0.02	83.01[a] ± 3.14

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.12 กระบวนการแปรรูปที่ใช้และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณวิตามินซี



รูป 4.2 ปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่งและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณวิตามินซี

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อปริมาณวิตามินซีที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.12 และรูป 4.2 กระบวนการแปรรูปที่ใช้มีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ทั้งสองอุณหภูมิ มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน และมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าลิ้นจี่ที่ให้ความร้อน ซึ่งลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีปริมาณวิตามินซีที่เหลือเท่ากับ 46.62 % ส่วนลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซีที่เหลือเท่ากับ 78.56 และ 80.53 % ตามลำดับ ส่วนปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลของกระบวนการแปรรูป ลิ้นจี่ที่ให้ความดันสูงยิ่งมีปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินซีไม่แตกต่างกันและมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าการให้ความร้อน เนื่องจากเทคนิคความดันสูงยิ่งจะมีผลต่อสารมวลโมเลกุลสูง ส่วนวิตามินซีเป็นสารมวลโมเลกุลต่ำและไม่มีพันธะนอนโควาเลนท์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่า วิตามินซีเป็นสารที่ความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน Ogawa *et al*. (1989) รายงานว่าความดันสูงยิ่งไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม

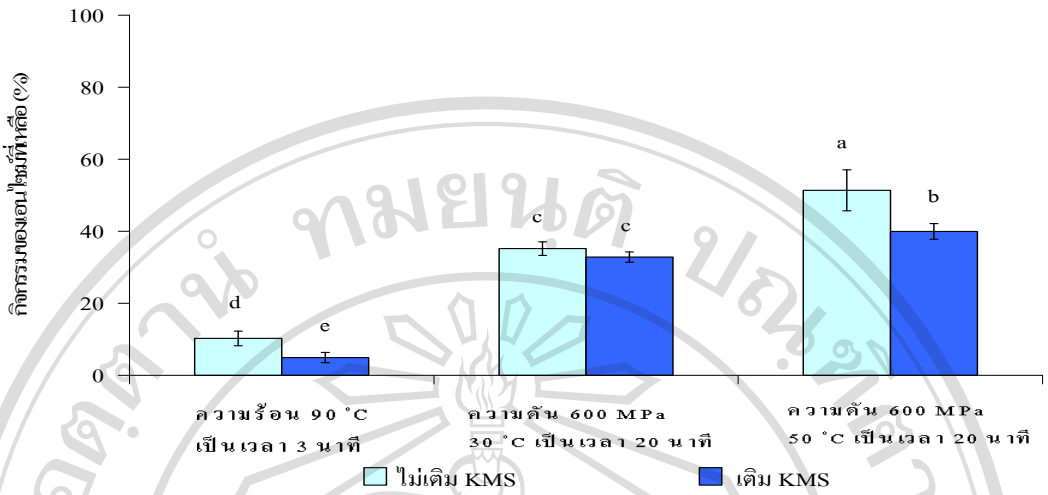
กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ตาราง 4.13 คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่งและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อคุณภาพทางเคมี

ปัจจัย	กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เหลือ (%)	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)	ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือ (%)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g fresh)
กระบวนการแปรรูป (A)				
ความร้อน 90 °C เป็นเวลา 3 นาที (a1)	7.58^{c} ± 1.66	0.639^{a} ± 0.07	55.27^{c} ± 20.43	0.169^{a} ± 0.03
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 30 °C เป็นเวลา 20 นาที (a2)	34.02^{b} ± 8.24	0.428^{b} ± 0.07	76.40^{b} ± 21.24	0.121^{b} ± 0.02
ความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 °C เป็นเวลา 20 นาที (a3)	45.66^{a} ± 22.58	0.394^{b} ± 0.09	102.15^{a} ± 27.52	0.120^{b} ± 0.02
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม (B)				
ไม่เติม (b1)	32.27 ± 20.73	0.538 ± 0.13	95.85^{a} ± 28.24	0.143 ± 0.03
เติม(b2)	25.90 ± 18.50	0.437 ± 0.11	60.02^{b} ± 18.85	0.130 ± 0.03
AxB				
a1b1	10.23^{d} ± 2.04	0.692^{a} ± 0.01	69.71^{d} ± 1.72	0.168^{a} ± 0.04
a1b2	4.93^{e} ± 1.41	0.586^{b} ± 0.04	40.82^{f} ± 2.42	0.169^{a} ± 0.02
a2b1	35.19^{c} ± 1.89	0.486^{c} ± 0.01	92.05^{b} ± 1.68	0.132^{ab} ± 0.02
a2b2	32.84^{c} ± 1.43	0.371^{d} ± 0.04	60.74^{e} ± 2.77	0.110^{b} ± 0.01
a3b1	51.38^{a} ± 5.70	0.435^{cd} ± 0.12	125.80^{a} ± 2.20	0.130^{b} ± 0.02
a3b2	39.93^{b} ± 2.16	0.354^{d} ± 0.02	78.50^{c} ± 3.18	0.111^{b} ± 0.02

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.13 และรูป 4.3 กระบวนการแปรรูปที่ใช้มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 45.66 % ส่วนปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมและให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 51.38 % ส่วนลิ้นจี่ที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม

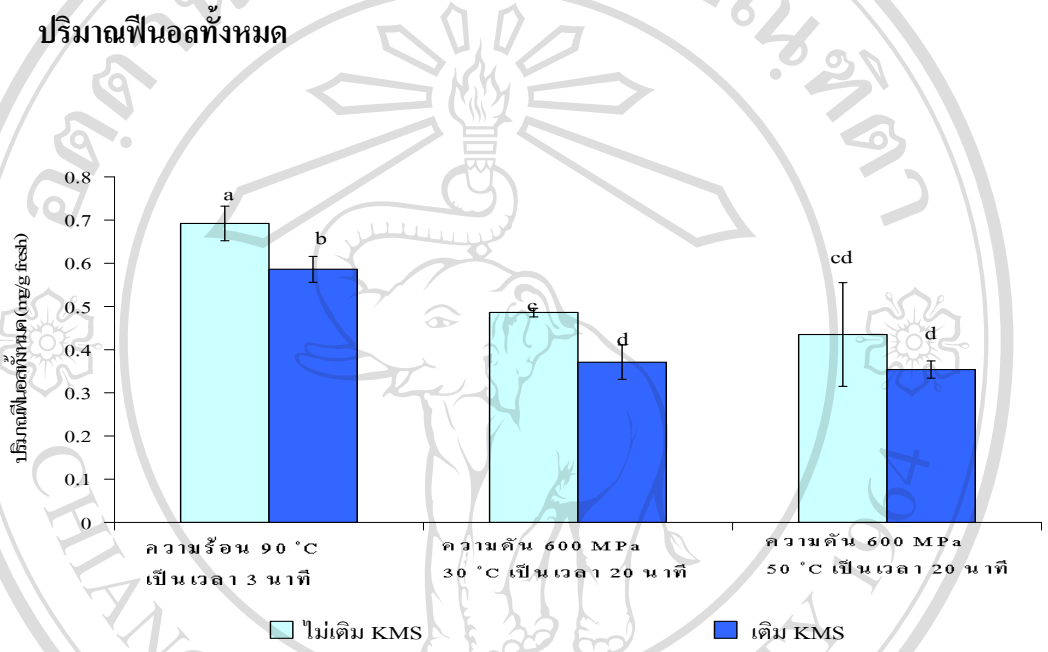
และให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 4.93 % จะเห็นได้ว่าความร้อนสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ดีกว่าความดันสูงยิ่ง สาเหตุที่กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงเกิดจากความดันสูงยิ่งมีผลต่อโปรตีนในระดับ ตติยภูมิและจตุรภูมิ และมีผลต่อพันธะนอนโควาเลนท์ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ ส่วนความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติได้มากกว่า จึงทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (นิธิยา, 2543) การให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 วินาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำฝรั่งลดลงเหลือ 66.67 % และ 52.31 % ตามลำดับ (เรวัตร, 2549) การใช้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำแอปปริคอทได้ (Ponting *et al*., 1954) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ออุณหภูมิ คือ สับสเตรต pH แหล่งของเอนไซม์ และลักษณะการถ่ายเทความร้อนไปยังชิ้นอาหาร (Vámos-Vigyázó, 1981) นี่จึงเป็นเหตุผลว่าลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่ การใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่สดได้มากกว่า 90 % ส่วนลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากกว่าสิ้นจี่สดที่ผ่านความดันสูงยิ่ง เนื่องจากน้ำเชื่อมช่วยป้องกันเอนไซม์ในลิ้นจี่จากความดัน (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005) เอนไซม์ pectinesterase ในน้ำส้มที่มีซูโครส 30 % (60 ^{o}Brix) มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าน้ำส้มที่มีซูโครส 11 ^{o}Brix (Seyderhelm *et al*., 1996) การใช้ความดันสูงยิ่ง 500 MPa อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 20 นาที ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำฝรั่งลดลงเหลือ 82.41 % และ 76.39 % ตามลำดับ (เรวัตร, 2549) การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่อุณหภูมิห้องต้องใช้ความดันสูงยิ่งมากโดยเฉพาะผลไม้ที่มีความเป็นกรด (Ludikhuyze *et al*., 2002) เนื้อฝรั่งตีป่นต้องใช้ความดันสูงยิ่งมากกว่า 600 MPa อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (Yen and Lin, 1996) น้ำอุ่นต้องใช้ความดันสูงยิ่งมากกว่า 900 MPa อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (Castellari *et al*., 1996)

ไบซัลไฟต์เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขันสำหรับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยไปจับกับ sulphydryl group บริเวณ active site ของเอนไซม์ ซึ่งทำให้สับสเตรตไม่สามารถจับกับเอนไซม์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Madero and Finne, 1982) อีกเหตุผลคือ การยับยั้งของไบซัลไฟต์เกิดเนื่องจากหมู่ซัลไฟต์จับกับ intermediate quinones เกิดเป็น sulphoquinones ซึ่งเป็นตัวยับยั้งแบบไม่ย้อนกลับสำหรับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส การเพิ่มความเข้มข้นของซัลไฟต์ที่ pH มากกว่า 5 สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ (Sayavedra and Montgomery, 1986)



รูป 4.4 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

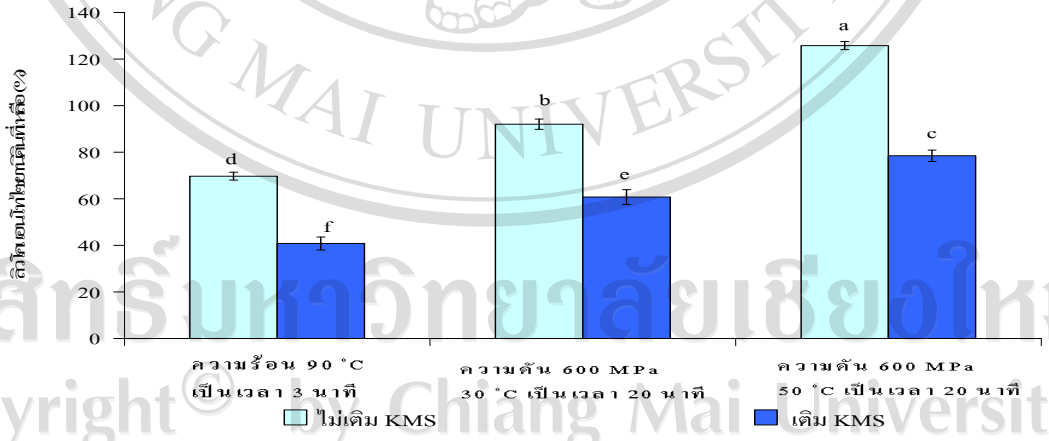
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.13 และรูป 4.4 กระบวนการแปรรูปที่ใช้มีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 0.639 mg/g fresh ส่วนปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติม

โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมและให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 0.692 mg/g fresh

สาเหตุที่ลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อนมีปริมาณฟีนอลมากกว่าลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งเนื่องจากลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อนมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่น้อยที่สุด ดังนั้นเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีเหลืออยู่ในลิ้นจี่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยที่สารประกอบโมโนฟีนอลจะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันในสภาวะที่มีไฮโดรเจนได้เป็น o-diphenol และถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น o-diquinone แล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและได้สารประกอบสุดท้ายที่มีสีน้ำตาล (Zhang *et al*., 2000) เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลที่เป็นสับสเตรตของเอนไซม์ และถูกใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของปฏิกิริยา และสัดส่วนของแคทีคอลและควิโนนที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม (Burton, 1998)

ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดิน



รูป 4.5 ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดิน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

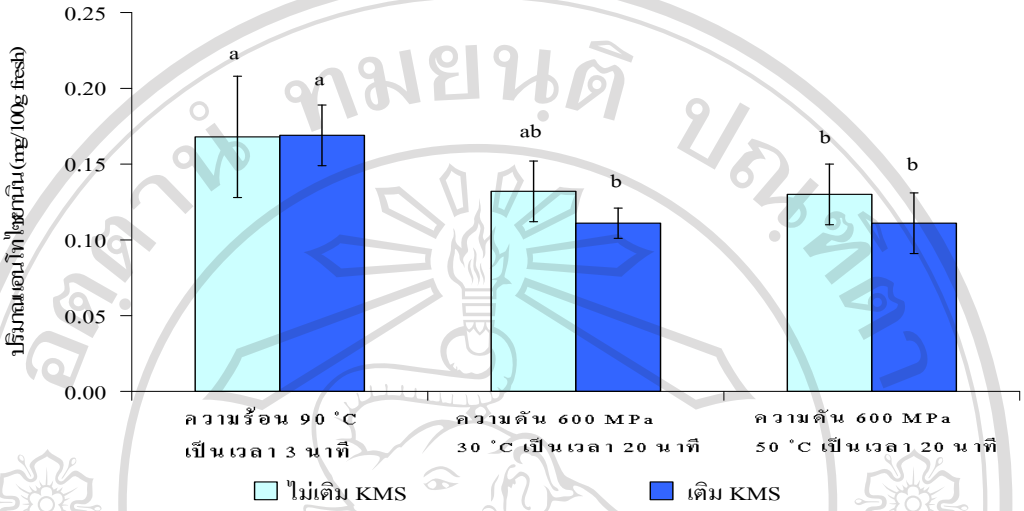
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.13 และรูป 4.5 กระบวนการแปรรูปที่ใช้มีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 102.15 % ลิ้นจี่ที่ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือ น้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 55.27 % สาเหตุที่ลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อนมีลิวโคแอนโทไซยานิดินเหลือน้อยที่สุดเนื่องจากกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนมีผลทำให้ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่อยู่ในสภาวะกรดเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานิน ดังนั้นจึงมีค่าน้อยกว่าเทคนิคอื่นส่วนปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมากที่สุดซึ่งเท่ากับ 95.85 % สาเหตุที่ลิ้นจี่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีลิวโคแอนโทไซยานิดินเหลือน้อยอาจเกิดจากโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ทำปฏิกิริยากับลิวโคแอนโทไซยานิดิน

ส่วนผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อลิวโคแอนโทไซยานิดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมและให้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 125.80 % ส่วนลิ้นจี่ที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมและให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มี ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 40.82 % สาเหตุที่ลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีลิวโคแอนโทไซยานิดินมากกว่าลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความร้อน เนื่องมาจากเอนไซม์ dihydroflavonol-4-reductase ในเนื้อลิ้นจี่เปลี่ยน flavan-3-ol ให้เป็นลิวโคแอนโทไซยานิดิน (Jackman and Smith, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณแอนโทไซยานิน



รูป 4.6 ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานิน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่แปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และความดันสูงยิ่ง 600 MPa ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงในตาราง 4.13 และรูป 4.6 กระบวนการแปรรูปที่ใช้มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลิ้นจี่ที่ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 0.169 mg/100g fresh แอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้นจากลิ้นจี่สด แอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นเปลี่ยนมาจากลิวโคแอนโทไซยานิดินที่อยู่ในสภาวะกรดและได้รับความร้อน ส่วนปัจจัยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลร่วมของ 2 ปัจจัยระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีค่าลดลงจากลิ้นจี่สดเป็นเพราะกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่หลังการแปรรูปสามารถเร่งการออกซิไดส์แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอล จึงเป็นสาเหตุให้แอนโทไซยานินลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แอนโทไซยานินถูกฟอกสีให้จางลงเมื่อมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากมี anthocyanin carbonium ion (R^+) เกิดขึ้น และทำปฏิกิริยากับไบซัลไฟต์ทำให้เกิดเป็น chromen-2-sulfonic acid หรือ chromen-4- sulfonic acid ซึ่งไม่มีสี แต่มีโครงสร้างและสมบัติคล้าย anthocyanin carbinol base ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าลดลง การเติมโซเดียมไบซัลไฟต์มากกว่า 100 ppm ในน้ำเชื่อม ช่วยยับยั้งการเกิดสีชมพูได้ แต่ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นแปลกปลอม (Hwang and Cheng, 1986) ส่วนวัตถุเจือปนอาหารตัวอื่น เช่น กรดแอสคอร์บิค erythrobic acid และ diamine tetraacetic acid(EDTA) มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีชมพูในลูกแพร์กระป๋อง (Chendler and Clegg, 1970) แต่ไม่สามารถควบคุมการเกิดสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋องได้ (Hwang and Cheng, 1986) การใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ 100 และ 200 ppm สามารถป้องกันการเกิดสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋อง แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้ลิ้นจี่มีสีขาวซีดและมีกลิ่นกำมะถัน (อรอนุช, 2535)

4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

4.5.1 การแปรรูปลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมด้วยความร้อน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่ใช้เทคนิคความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน วิเคราะห์ค่าสี และคุณภาพทางเคมี มีผลการทดลองดังนี้

คุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.14 ค่าสี L* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี L*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$60.19^{a} \pm 1.22$	$60.56^{a} \pm 0.67$	$59.14^{a} \pm 1.32$	$59.87^{a} \pm 1.22$
30	$60.48^{a} \pm 0.81$	$60.24^{a} \pm 0.26$	$58.53^{a} \pm 0.72$	$59.51^{a} \pm 0.81$
60	$60.66^{a} \pm 0.84$	$60.07^{a} \pm 0.37$	$58.63^{a} \pm 0.33$	$60.25^{a} \pm 0.84$
90	$58.82^{b} \pm 0.52$	$59.03^{b} \pm 1.07$	$54.54^{b} \pm 0.49$	$56.52^{b} \pm 0.70$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ค่าสี a* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี a*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$3.28^{a} \pm 0.05$	$3.31^{a} \pm 0.20$	$3.70^{a} \pm 0.14$	$3.16^{a} \pm 0.14$
30	$-0.21^{c} \pm 0.11$	$-0.11^{c} \pm 0.03$	$0.01^{d} \pm 0.15$	$0.29^{bc} \pm 0.12$
60	$0.26^{b} \pm 0.16$	$0.30^{b} \pm 0.02$	$0.56^{c} \pm 0.09$	$0.16^{c} \pm 0.06$
90	$0.50^{b} \pm 0.25$	$0.32^{b} \pm 0.13$	$0.83^{b} \pm 0.16$	$0.39^{b} \pm 0.17$

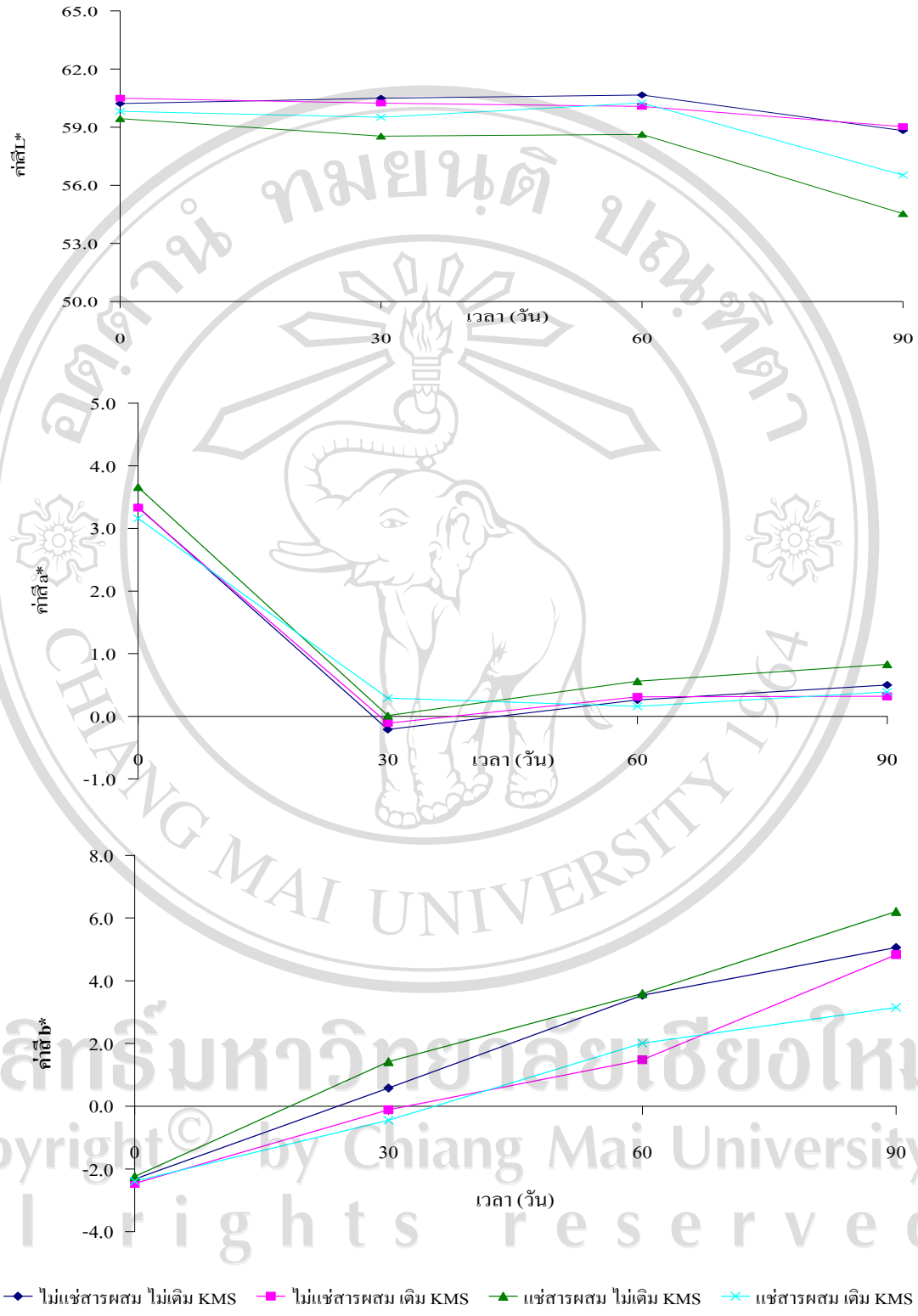
หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ตาราง 4.16 ค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี b*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$-2.26^{d} \pm 0.54$	$-2.52^{d} \pm 0.49$	$-2.40^{d} \pm 0.32$	$-2.34^{d} \pm 0.13$
30	$0.58^{c} \pm 0.09$	$-0.10^{c} \pm 0.08$	$1.42^{c} \pm 0.39$	$-0.44^{c} \pm 0.26$
60	$3.54^{b} \pm 0.36$	$1.48^{b} \pm 0.29$	$3.59^{b} \pm 0.26$	$2.00^{b} \pm 0.52$
90	$5.06^{a} \pm 1.00$	$4.83^{a} \pm 0.41$	$6.21^{a} \pm 0.42$	$3.14^{a} \pm 0.59$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.7 ค่าสี L*, a* และ b* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการเปลี่ยนแปลงด้านสีของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.14 – 4.16 และรูป 4.7 พบว่าเนื้อลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าสี L* ลดลงตามระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีสีคล้ำขึ้น วันแรกของการเก็บรักษาพบค่าสี L* อยู่ในช่วง 59.14 – 60.56 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 90 วัน พบค่าสี L* อยู่ในช่วง 54.54 – 59.03 ซึ่งค่าสี L* ที่ลดลงแสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีความสว่างลดลง ซึ่งอาจเกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในอาหารเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในอาหารไปเป็น o-quinone ทำให้ลิ้นจี่มีสีคล้ำขึ้น ดรุณี (2545) ศึกษาการเปลี่ยนสีของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องดีบุก ระยะเวลา 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าสี L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทำให้ผลิตภัณฑ์คล้ำลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น วัชราภรณ์ (2549) ศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาแยมฝรั่งที่แปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่งและความร้อนพบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสี L* ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (60 วัน)

ส่วนค่าสี a* มีค่าลดลงในช่วง 30 วันแรก หลังจากนั้นจึงแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกพบค่าสี a* อยู่ในช่วง 3.16 ถึง 3.70 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 90 วัน พบค่าสี a* อยู่ในช่วง 0.32 ถึง 0.83 สาเหตุที่ค่าสี a* มีค่าลดลงในวันที่ 30 เกิดจากแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี ค่าสี a* ที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ Wu (1970) รายงานว่า ลิ้นจี่กระป๋องที่ให้ความร้อน 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ผลิตภัณฑ์จะมีสีชมพู ส่วนลิ้นจี่ที่ให้ความร้อนที่ 88 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ไม่เกิดสีชมพูเมื่อรักษาเป็นเวลา 10 เดือน ดังนั้นปัจจัยการเกิดสีชมพูขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ เวลา และ pH

เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าสี b* เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น วันแรกของการเก็บรักษาพบค่าสี b* อยู่ในช่วง -2.52 ถึง -2.26 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 90 วัน พบค่าสี b* อยู่ในช่วง 3.14 ถึง 6.21 สรุปได้ว่า ถ้าเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้เนื้อลิ้นจี่มีสีคล้ำลงและมีสีออกน้ำตาลแดง ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ จากการศึกษาของ Zhang *et al*. (2000) พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลในกลุ่ม flavan-3-ols ที่เป็นสับสเตรตหลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเอนไซม์ บางส่วนมีการเกิด polymerized ของโมเลกุลได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารแทนนินออกมา ซึ่งสารนี้จะมีตั้งแต่สีขาวอมเหลืองไปจนถึงสีน้ำตาลอ่อนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เนื้อลิ้นจี่มีค่าสี b* เพิ่มขึ้น

ประไพ (2547) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อลิ้นจี่กระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสี L* มีแนวโน้มลดลงและค่า hue อยู่ในช่วงเฉดของสีน้ำตาลเหลือง แสดงว่าลิ้นจี่มีความสว่างลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับศุภรัตน์ (2544) ศึกษาลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องดีบุก เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าสี L* มีค่าลดลง ส่วนค่าสี a* และ b* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า L* และ a* เป็นดัชนีในการวัดการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ลพันธุ์ Jonagared ใช้ค่า L* ที่ลดลงและค่า a* ที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงการเกิดสีน้ำตาลสูงของเนื้อผลไม้ที่ตัดแต่งชิ้นในระหว่างการเก็บรักษาในที่มืดอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Rocha and Morais, 2003)

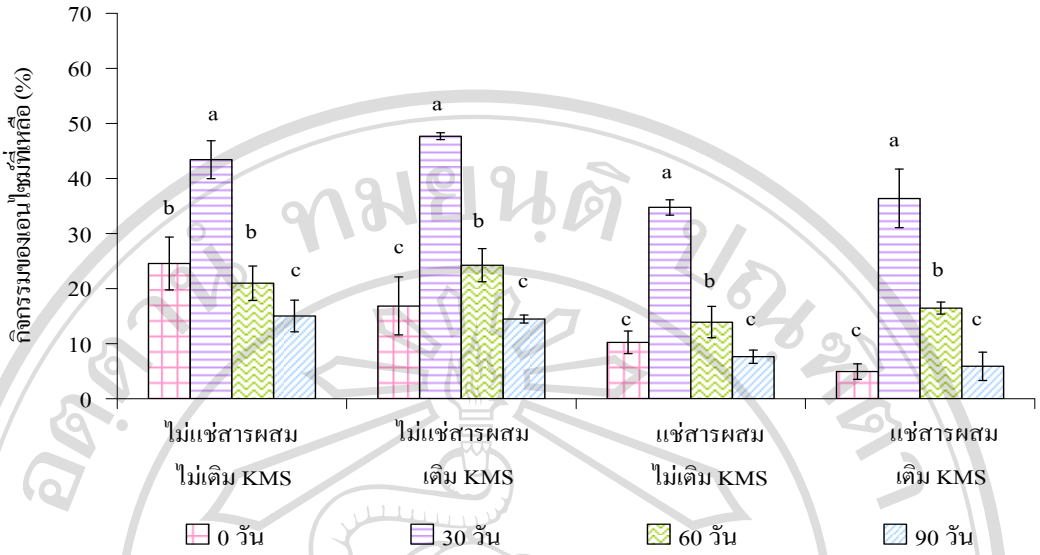
กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.17 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือ (%)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$24.56^{b} \pm 4.80$	$16.84^{c} \pm 5.27$	$10.23^{c} \pm 2.04$	$4.93^{c} \pm 1.41$
30	$43.42^{a} \pm 3.44$	$47.68^{a} \pm 0.63$	$34.75^{a} \pm 1.41$	$36.39^{a} \pm 5.33$
60	$20.98^{b} \pm 3.13$	$24.25^{b} \pm 3.01$	$13.91^{b} \pm 2.86$	$16.47^{b} \pm 1.09$
90	$15.03^{c} \pm 2.89$	$14.49^{c} \pm 0.72$	$7.63^{c} \pm 1.20$	$5.88^{c} \pm 2.56$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.8 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.17 และรูป 4.8 พบว่า วันแรกของการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในช่วง 4.93 – 24.56 % เมื่อเก็บรักษาลิ้นจี่เป็นเวลา 30 วัน กิจกรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากโครงสร้างเอนไซม์บางส่วนที่เสียสภาพแบบผันกลับได้ กลับมาสร้างพันธะนอนโควาเลนท์กัน แล้วทำให้บริเวณเร่งปฏิกิริยาสามารถจับกับสับสเตรตและเร่งปฏิกิริยาได้ กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือของลิ้นจี่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 5.88 – 15.03 % ส่งผลให้ลิ้นจี่ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน มีสีคล้ำลง ซึ่งพิจารณาจากค่า L* ที่ลดลง (ตาราง 4.14) แสดงว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลของเนื้อลิ้นจี่ กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีเพียงพอที่จะกระตุ้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลให้เป็นควิโนน แล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและได้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล (Cestari *et al*., 2002)

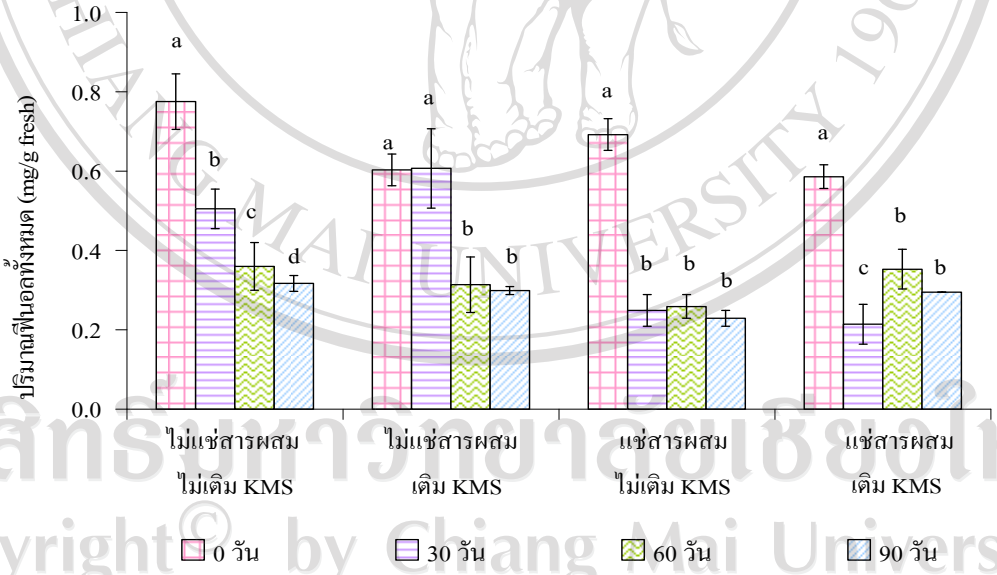
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.18 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$0.775^{a} \pm 0.07$	$0.602^{a} \pm 0.04$	$0.692^{a} \pm 0.03$	$0.586^{a} \pm 0.03$
30	$0.505^{b} \pm 0.05$	$0.606^{a} \pm 0.20$	$0.249^{b} \pm 0.04$	$0.214^{c} \pm 0.05$
60	$0.360^{c} \pm 0.05$	$0.314^{b} \pm 0.07$	$0.258^{b} \pm 0.03$	$0.353^{b} \pm 0.05$
90	$0.317^{d} \pm 0.02$	$0.299^{b} \pm 0.01$	$0.229^{b} \pm 0.02$	$0.294^{b} \pm 0.15$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด



รูป 4.9 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.18 และรูป 4.9 พบว่าระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ปริมาณฟีนอลมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.586 – 0.775 mg/g fresh เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.229 – 0.317 mg/g fresh สารประกอบฟีนอลมีค่าลดลงในขณะเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ ทำให้มีการใช้สารประกอบฟีนอลเป็นสับสเตรตในปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ศุภรัตน์ (2544) วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงเดือนที่ 4 และมีปริมาณลดลงในเดือนที่ 6 ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกลิ้นจี่มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาผลลิ้นจี่สดที่อุณหภูมิห้อง (พรอนันต์, 2545)

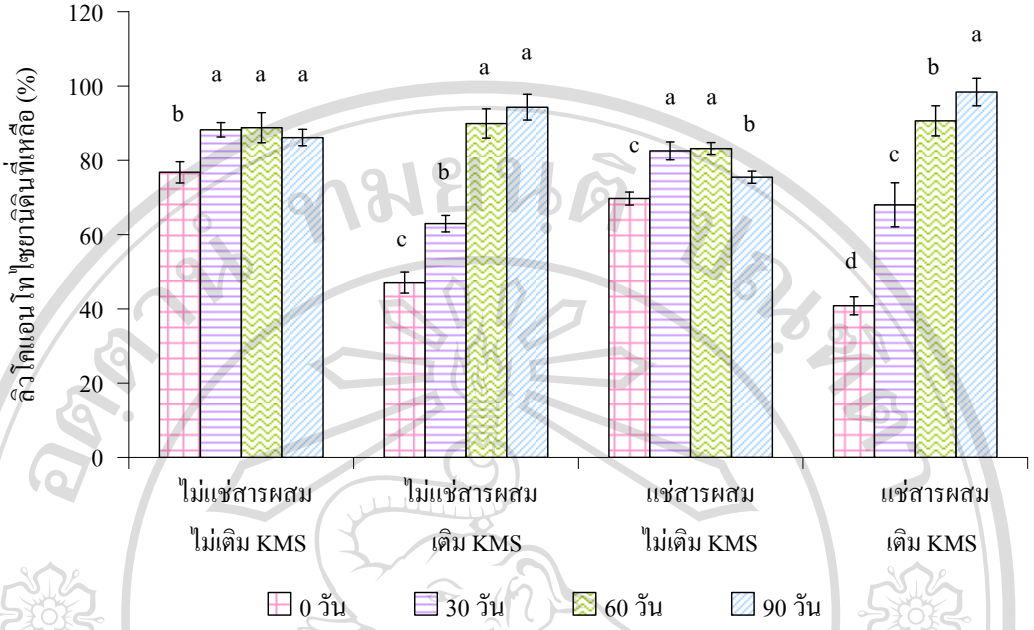
ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.19 ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือ (%)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$76.78^{b} \pm 2.85$	$47.07^{c} \pm 2.84$	$69.71^{c} \pm 1.72$	$40.82^{d} \pm 2.42$
30	$88.19^{a} \pm 1.92$	$62.93^{b} \pm 2.22$	$82.54^{a} \pm 2.40$	$68.03^{c} \pm 5.94$
60	$88.77^{a} \pm 4.03$	$89.89^{a} \pm 3.97$	$83.14^{a} \pm 1.65$	$90.63^{b} \pm 4.03$
90	$86.10^{a} \pm 2.22$	$94.29^{a} \pm 3.48$	$75.45^{b} \pm 1.62$	$98.37^{a} \pm 3.72$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.10 ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.19 และรูป 4.10 พบว่าระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลืออยู่ในช่วง 40.82 – 76.78 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลืออยู่ในช่วง 75.45 – 98.37 % ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของชุดทดลองที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมในวันที่ 60 มีค่าใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม จึงสันนิฐานได้ว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์สลายตัวไปแล้ว การเติมโซเดียมไบซัลไฟต์มากกว่า 100 ppm ในน้ำเชื่อม ช่วยยับยั้งการเกิดสีชมพูได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนแรก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนลิ้นจี่มีสีชมพูเกิดขึ้น (Hwang and Cheng, 1986)

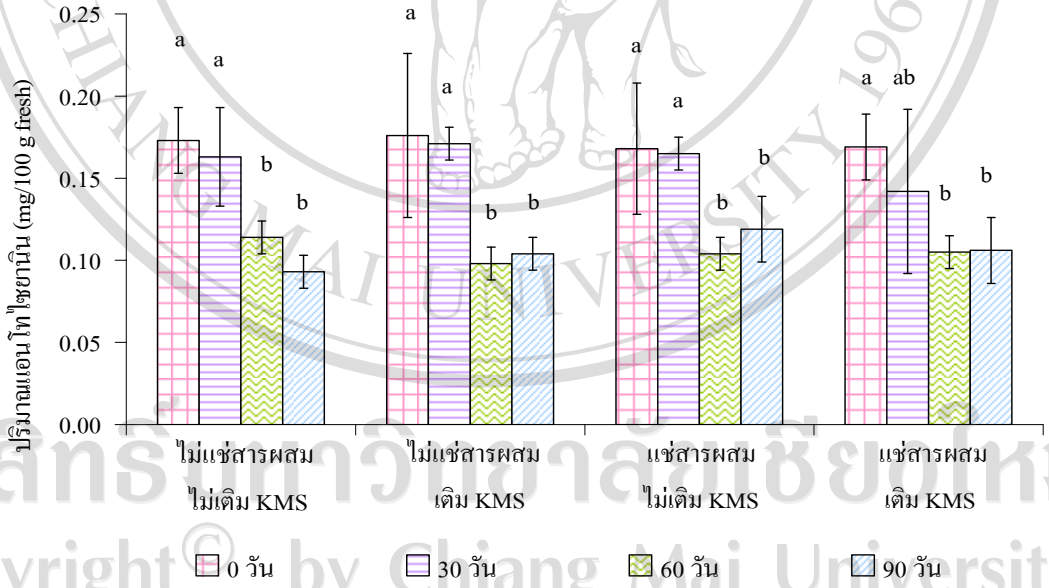
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.20 ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g fresh)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	0.173^{a} ± 0.02	0.176^{a} ± 0.06	0.168^{a} ± 1.22	0.169^{a} ± 0.02
30	0.163^{a} ± 0.03	0.171^{a} ± 0.01	0.165^{a} ± 0.81	0.142^{ab} ± 0.06
60	0.114^{b} ± 0.01	0.098^{b} ± 0.01	0.104^{b} ± 0.84	0.105^{b} ± 0.02
90	0.093^{b} ± 0.01	0.104^{b} ± 0.01	0.119^{b} ± 1.41	0.106^{b} ± 0.02

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

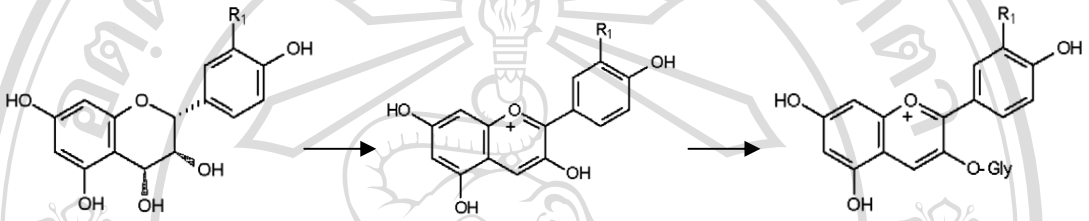


รูป 4.11 ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.20 และรูป 4.15 พบว่าระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.168 - 0.176 mg/100g fresh เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.093 – 0.119 mg/100g fresh ลิวโคแอนโทไซยานิดินเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด สามารถเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานิดินได้ จากนั้นเมื่อมีน้ำตาลเข้ามาจับจะเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานิน ดังรูป



Leucoanthocyanidins anthocyanidins anthocyanins

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลอย่างหนึ่ง สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินยังขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดด่าง ความร้อน ออกซิเจน แสง กรดแอสคอร์บิค เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ไอออนโลหะ โมเลกุลน้ำตาล และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (จริงแท้, 2544) ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแอนโทไซยานินระหว่างการเก็บรักษา ผลของความดันสูงยิ่งต่อปริมาณแอนโทไซยานินในราสเบอรี่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ เอนไซม์สามชนิดที่มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินคือ β-glucosidase, peroxidase และ polyphenol oxidase (Winai *et al.*, 2005)

การเปลี่ยนเป็นสีชมพูของลิ้นจี่กระป๋อง ซึ่งเป็นผลโดยตรงจาก condensed tannin ถูกไฮโดรไลส์ไปเป็น catechin และลิวโคแอนโทไซยานิดินจากนั้นจะสลายตัวกลายเป็นแอนโทไซยานินและอีกสาเหตุคือเอนไซม์ flavanone-3-hydroxylase และ dihydroquercetin-4-reductase ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการสังเคราะห์ลิวโคแอนโทไซยานิดินในระหว่างกระบวนการผลิตลิ้นจี่กระป๋อง ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูหลังจากปลอกเปลือกคว้านเมล็ดออก flavanones ในเนื้อลิ้นจี่สดจะเปลี่ยนเป็น eriodictyol และต่อมาถูกเอนไซม์ flavanone-3-hydroxylase ไฮโดรไลส์เป็นลิวโคแอนโทไซยานิดินสารไม่มีสี และเปลี่ยนไปเป็นไซยานิดินสารมีสีในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่กระป๋องจึงเกิดเป็นสีชมพู (Somogyi *et al.*, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.2 การแปรรูปลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมด้วยความดันสูงยิ่ง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่ใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน วิเคราะห์ค่าสี และคุณภาพทางเคมี มีผลการทดลองดังนี้

คุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.21 ค่าสี L* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี L*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	56.04 ± 0.54	56.13 ± 1.27	57.05 ± 0.44	55.63 ± 0.85
30	56.35 ± 1.67	56.74 ± 1.72	57.34 ± 0.72	56.38 ± 0.81
60	55.71 ± 0.46	55.22 ± 1.02	55.98 ± 0.90	55.02 ± 0.96

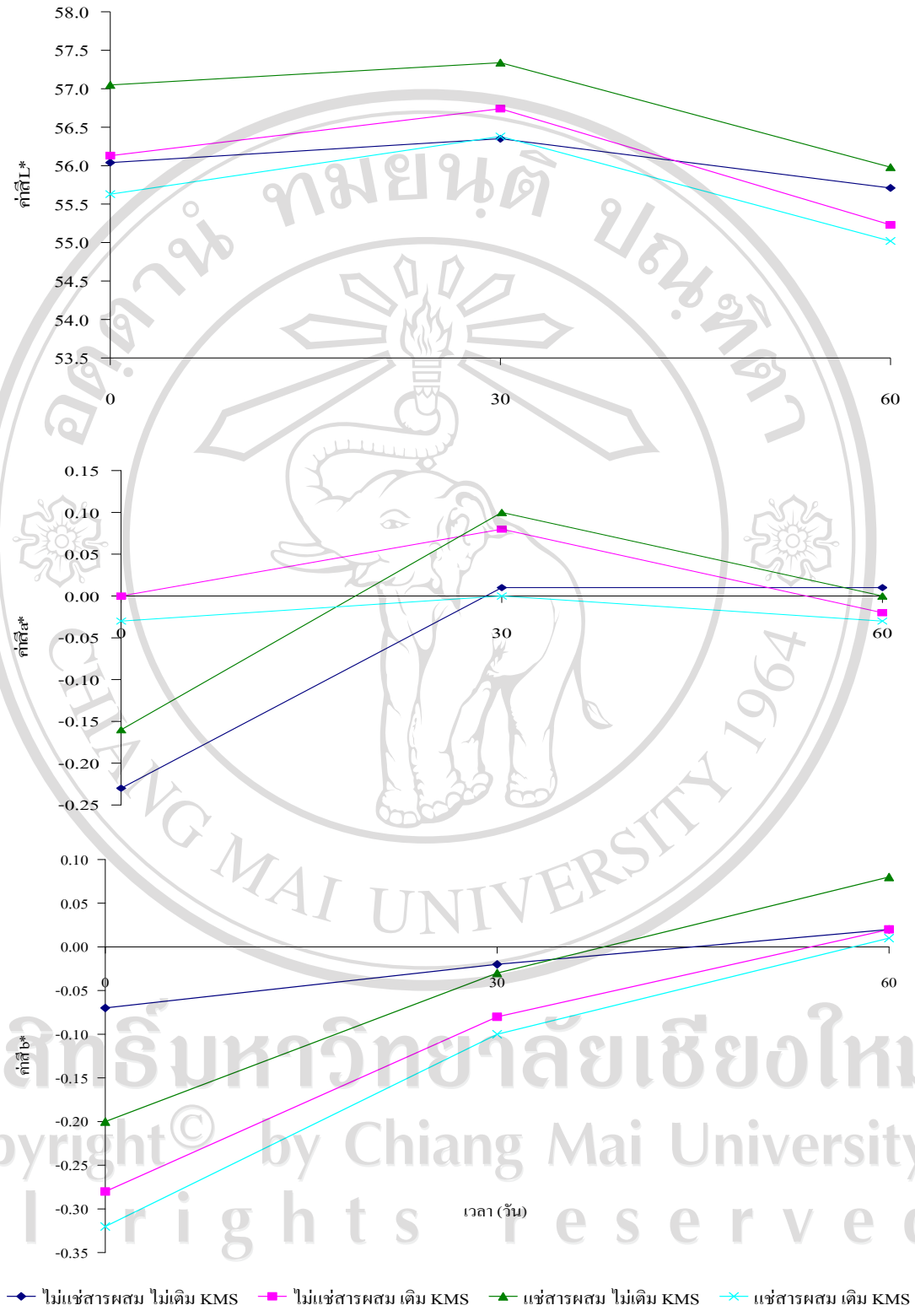
ตาราง 4.22 ค่าสี a* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี a*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	-0.23 ± 0.22	0.00 ± 0.33	-0.16 ± 0.08	-0.03 ± 0.76
30	0.01 ± 0.50	0.08 ± 0.71	0.10 ± 1.26	0.00 ± 0.67
60	0.01 ± 0.57	-0.02 ± 0.56	0.00 ± 0.51	-0.03 ± 0.92

ตาราง 4.23 ค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสี b*			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	-0.07 ± 0.82	-0.28 ± 0.42	-0.20 ± 1.27	-0.32 ± 0.95
30	-0.02 ± 1.15	-0.08 ± 0.49	-0.03 ± 0.62	-0.01 ± 0.91
60	0.02 ± 1.02	0.02 ± 0.58	0.07 ± 0.68	0.01 ± 0.42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.12 ค่าสี L*, a* และ b* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการเปลี่ยนแปลงด้านสีของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.21 – 4.23 และรูป 4.12 พบว่าเนื้อลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าสี L* ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสี L* ลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์คล้ำลง วัชราภรณ์ (2549) ศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาแยมฝรั่งที่แปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่งและความร้อนพบว่าแยมฝรั่งทุกหน่วยทดลองมีค่าสี L* ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (60 วัน)

เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าสี a* ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่ค่าสี a* มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 30 เกิดจากลิวโคแอนโทไซยานิดินเปลี่ยนเป็นแอนโทไซยานินในรูป flavylium cation ค่าสี a* ที่ลดลงในช่วงหลังเกิดจากแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี

เนื้อลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าสี b* ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ค่าสี b* ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งเอนไซม์ การเก็บรักษาลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อย ค่าสีจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่มาก

น้ำฝรั่งที่ใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง 500 MPa อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 20 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ค่าสี L*, a* และ b* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เรวัตร, 2549) เช่นเดียวกับการทดลองของ Yen and Lin (1996) พบว่า การใช้ความดันสูงยิ่ง 600 MPa อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำฝรั่งเข้มข้น โดยยังคงมีสีเหมือนน้ำฝรั่งสดตลอดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน

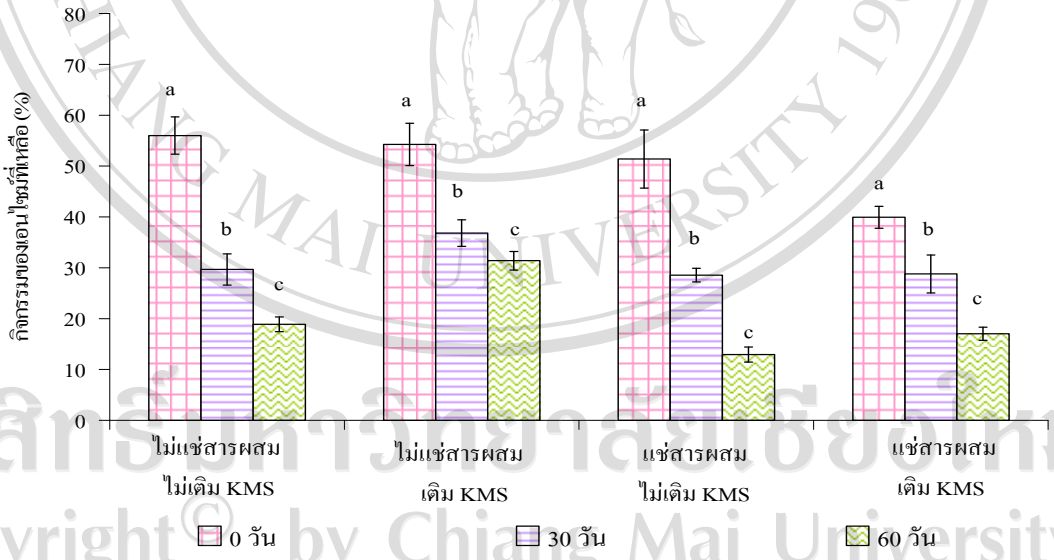
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.24 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือ (%)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	56.02^{a} ± 3.66	54.25^{a} ± 4.15	51.38^{a} ± 5.70	39.93^{a} ± 2.16
30	29.67^{b} ± 3.05	36.83^{b} ± 2.62	28.55^{b} ± 1.34	28.80^{b} ± 2.41
60	18.9^{c} ± 1.45	31.40^{c} ± 1.83	12.93^{c} ± 1.48	17.03^{c} ± 1.28

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด



รูป 4.13 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.24 และรูป 4.13 พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวันแรกของการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ในช่วง 39.93 – 56.02 % เมื่อเก็บรักษา 60 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 12.93 – 31.40 % การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดลงได้ ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีกิจกรรมลดลงไป 50 % สตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงแรก หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือนครึ่ง กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Vámos-Vigyázó, 1981) น้ำฝรั่งที่ผ่านการแปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง 500 MPa 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 14 และลดลงในเวลาต่อมา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ส่วนน้ำฝรั่งที่ผ่านการแปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง 500 MPa 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (เรวัตร, 2549)

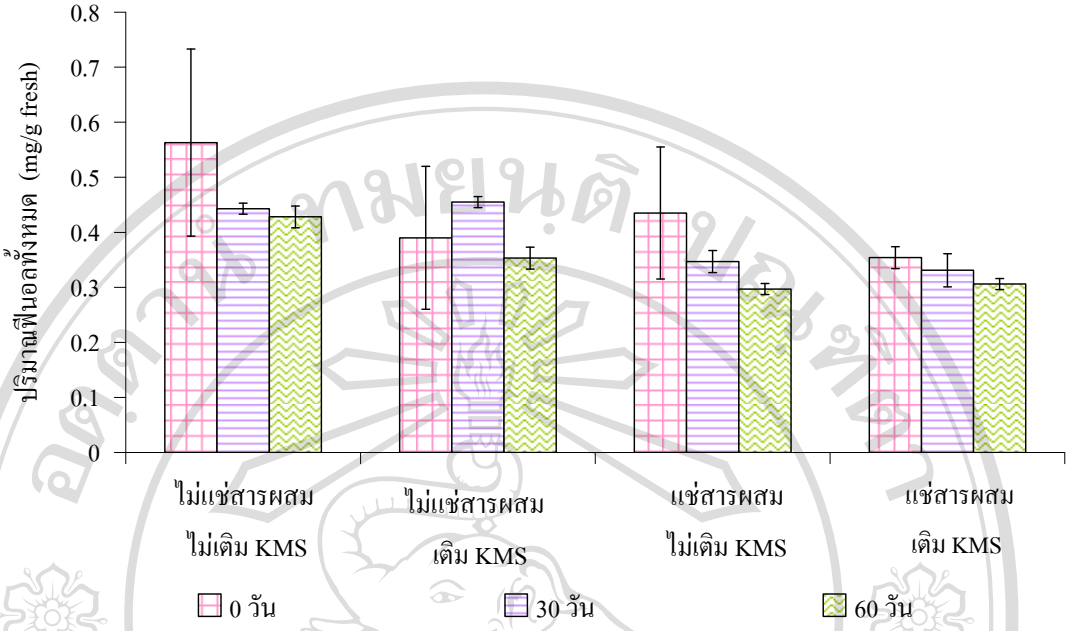
ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.25 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg/g fresh)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	0.563 ± 0.16	0.390 ± 0.12	0.435 ± 0.12	0.354 ± 0.02
30	0.444 ± 0.01	0.454 ± 0.01	0.347 ± 0.02	0.331 ± 0.02
60	0.428 ± 0.02	0.354 ± 0.02	0.297 ± 0.00	0.306 ± 0.02

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.14 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.25 และรูป 4.14 พบว่าปริมาณฟีนอลในแต่ละช่วงการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.354 – 0.563 mg/g fresh เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.297 – 0.428 mg/g fresh สารประกอบฟีนอลมีค่าลดลงในขณะเก็บรักษา เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสบางส่วนที่ทำงานได้มีการใช้สารประกอบฟีนอลเป็นสับสเตรตในปฏิกิริยาออกซิเดชัน

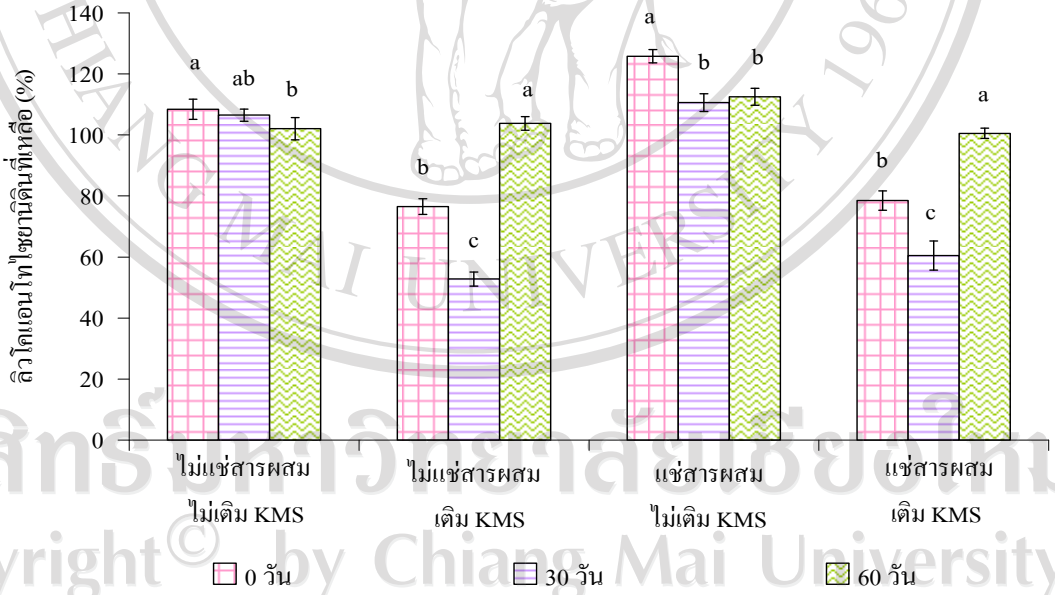
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.26 ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลือ (%)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$108.42^{a} \pm 3.29$	$76.52^{b} \pm 2.55$	$125.8^{a} \pm 2.20$	$78.50^{b} \pm 3.18$
30	$106.5^{ab} \pm 1.98$	$52.79^{c} \pm 2.29$	$110.6^{b} \pm 2.91$	$60.48^{c} \pm 4.77$
60	$102.05^{b} \pm 3.62$	$103.79^{a} \pm 2.21$	$112.51^{b} \pm 2.77$	$100.54^{a} \pm 1.70$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด



รูป 4.15 ลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.26 และรูป 4.15 ที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลืออยู่ในช่วง 76.52 – 125.80 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่าลิวโคแอนโทไซยานิดินที่เหลืออยู่ในช่วง 100.54 – 112.51 % ลิ้นจี่ที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีลิวโคแอนโทไซยานิดินลดลงตามเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากลิวโคแอนโทไซยานิดินเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดหนึ่ง ถูกนำไปใช้โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ส่วนลิ้นจี่ที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมมีลิวโคแอนโทไซยานิดินลดลงในช่วง 30 วันแรกจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา จากผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิดินของชุดทดลองที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมในวันที่ 60 มีค่าใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ไม่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อม จึงสันนิฐานได้ว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์สลายตัวไปแล้ว

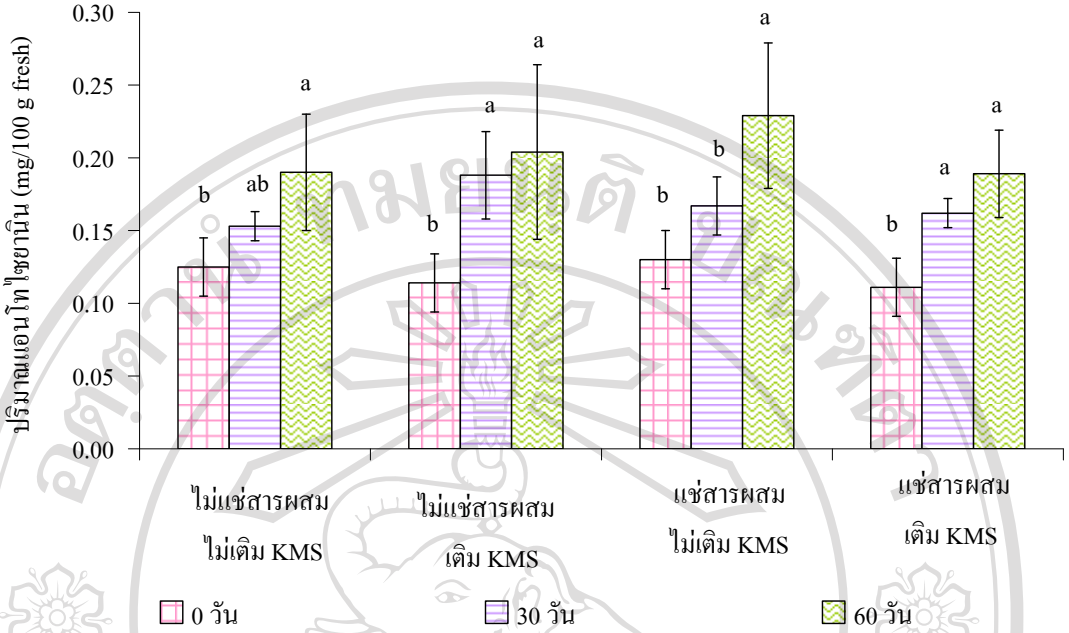
ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งขณะเก็บรักษา

ตาราง 4.27 ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g fresh)			
	ไม่แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก		แช่สารผสมแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริก	
	ไม่เติม KMS	เติม KMS	ไม่เติม KMS	เติม KMS
0	$0.126^{b} \pm 0.02$	$0.114^{b} \pm 0.02$	$0.130^{b} \pm 0.02$	$0.111^{b} \pm 0.02$
30	$0.152^{ab} \pm 0.01$	$0.188^{a} \pm 0.03$	$0.167^{b} \pm 0.02$	$0.162^{a} \pm 0.02$
60	$0.190^{a} \pm 0.04$	$0.204^{a} \pm 0.06$	$0.229^{a} \pm 0.05$	$0.189^{a} \pm 0.03$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.16 ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในกลุ่มชุดการทดลองเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a กำกับ มีค่ามากที่สุด

ปริมาณแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 4.27 และรูป 4.16 พบว่าระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เวลาเก็บรักษาวันแรกมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.111 - 0.130 mg/100g fresh เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.189 – 0.229 mg/100g fresh ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากเอนไซม์ anthocyanidin synthase ในเนื้อลิ้นจี่เปลี่ยนลิวโคแอนโทไซยานิดินเป็นแอนโทไซยานิดิน แล้วถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นแอนโทไซยานินโดยเอนไซม์ flavonoid glycosyltransferases (Jackman and Smith, 1996) นอกจากนั้นความดันสูงยิ่งยังมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในราสเบอรี่ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ (Winai *et al.*, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved