บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีของมะนอดก่อนการแปรรูป

4.1.1 คุณภาพทางเคมี

ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลมะนอด ดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของผลมะนอดสด

ส่วนประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความเป็นกรด-ด่าง	3.53 ± 0.12
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม/100กรัม)	1.81 ± 0.36
ความชื้น (% wet basis)	84.30 ±0.28
a_w	0.90 ± 0.00
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)	12.52±0.08
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	17.51±0.33
กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g)	28.22 ±0.40
กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Units/g)	30.14±0.78

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของมะนอดสด พบว่า มะนอดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.53 แสดงว่ามะนอดจัดอยู่ในผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง a_w 0.90 ซึ่งปริมาณความชื้นและ a_w สูง จะทำให้มะนอดสามารถเน่าเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ ดังนั้น เมื่อทำการลดความชื้นในอาหารลงด้วยวิธีการอบแห้งจะลดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และกิจกรรมกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีค่าเท่ากับ 28.22 และ 30.14 Units/g ตามลำดับ เอนไซม์สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้ง

(Fennema, 1996) แต่ปริมาณที่พบจัดว่าไม่สูงมากนัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 12.52 % ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 17.51 % ปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูงอาจทำให้ผลเปลี่ยนสีเนื่องจาก maillard reaction ในระหว่างการอบแห้งได้ ปริมาณวิตามิน ซี 1.81 มิลลิกรัม/100 กรัม และปริมาณความชื้น 84.30 % สอดคล้องกับการทดลองของ คณาสิทธิ์ (2549) รายงานว่า ผลมะนอดสุกมีปริมาณความชื้น 84.03 % และปริมาณวิตามิน ซี 1.31 มิลลิกรัม/100 กรัม

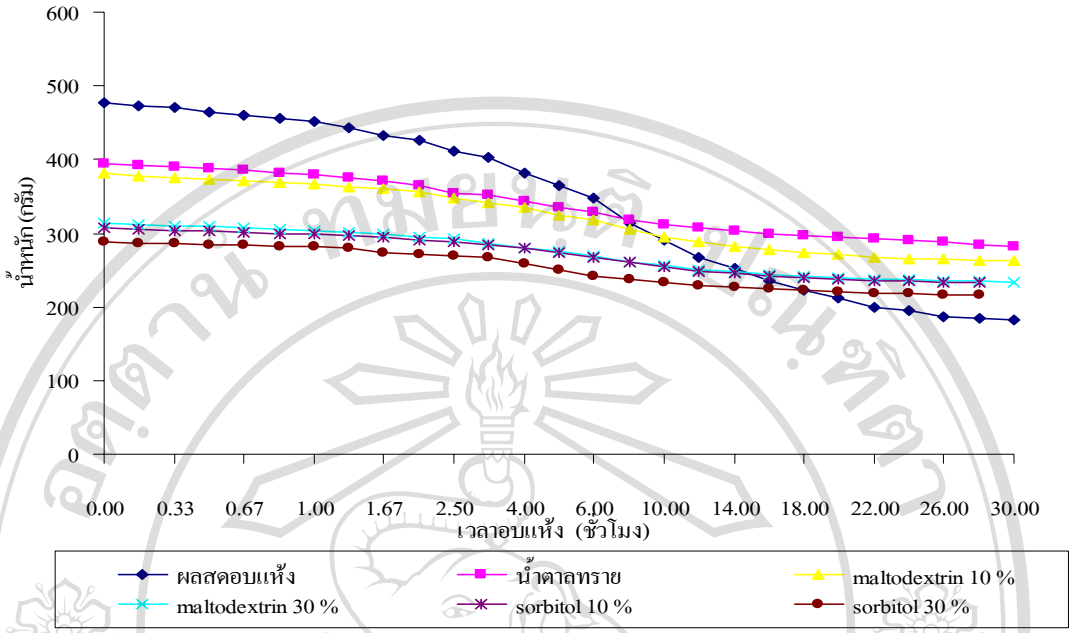
4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลมะนอด พบว่าค่าสี L* 33.14 ค่าสี a* 32.66 และค่าสี b* 18.93 แสดงว่ามะนอดสดมีสีแดงปนเหลือง โดยค่า L* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง a* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ส่วนความแน่นเนื้อ (fruit firmness) มีค่า 44.73 นิวตัน

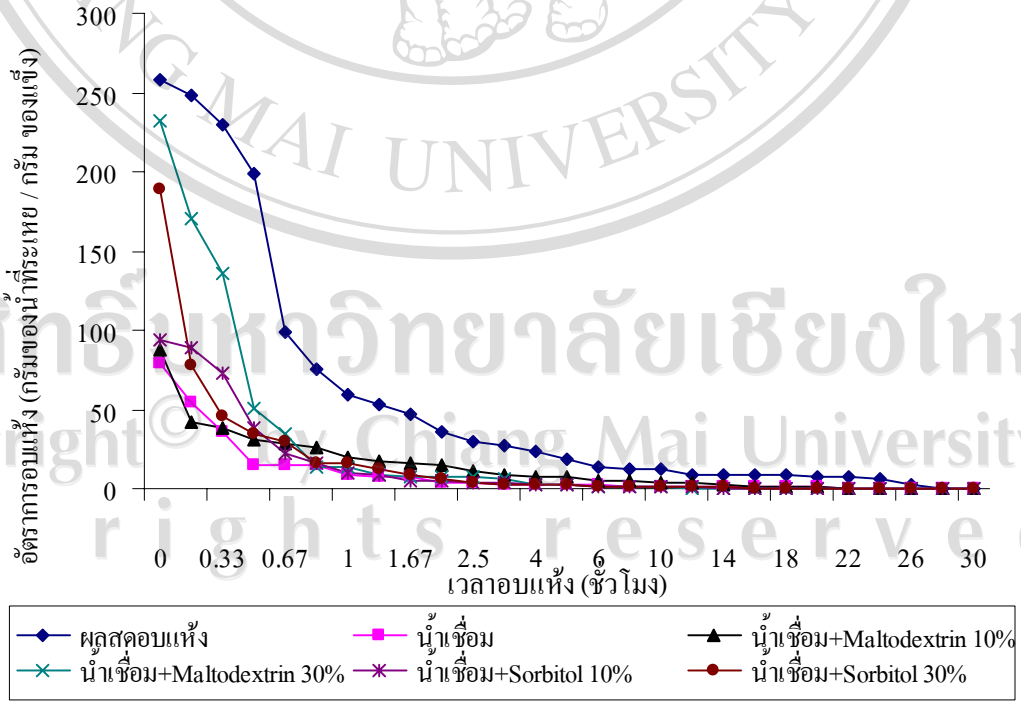
4.2 ศึกษาอัตราการอบแห้งมะนอดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

อัตราการอบแห้งมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมะนอด โดยการนำผลมะนอดสดและมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ30 %มาทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนัก จึงสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในระหว่างการอบแห้ง จากนั้นสร้างกราฟการทำแห้งระหว่างน้ำหนักต่อเวลา และกราฟอัตราการอบแห้งระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมของน้ำที่ระเหยต่อกรัมของแข็ง) ต่อเวลา โดยมีน้ำหนักรวมเฉลี่ย 360 กรัม อัตราความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระหว่างการอบแห้งผลมะนอดเป็นเวลา 30 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส



รูป 4.2 อัตราการอบแห้งของมะนอด เป็นเวลา 30 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

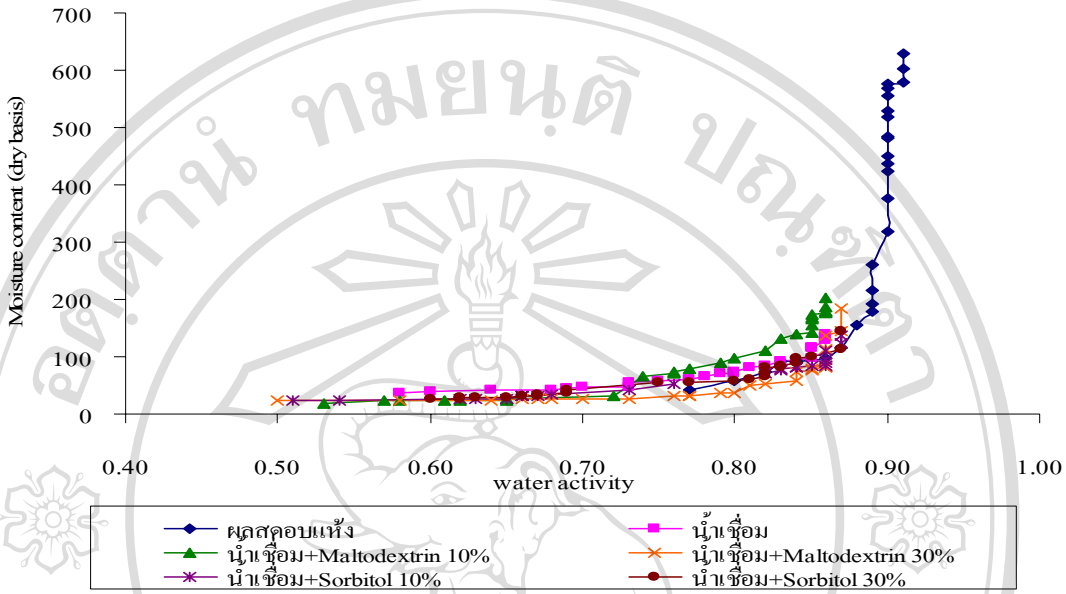
การอบแห้งของมะนอดสดและมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า อัตราการอบแห้งของผลมะนอดสดช่วงแรกเร็วกว่ามะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มก่อนการอบแห้งโดยสังเกตจากความชันของกราฟ เนื่องจาก มะนอดสดมีปริมาณน้ำอิสระมากกว่าจึงมีปริมาณน้ำไม่คงที่ทำให้เวลาการอบแห้งที่ช้ากว่ามะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มก่อนการอบแห้งและคงที่เร็วกว่า จากกราฟจะเห็นว่าน้ำค่อยๆระเหยออกไป ลักษณะกราฟช่วงแรกของการอบแห้งมะนอดมีการระเหยน้ำออกมากและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณความชื้นและน้ำหนักของมะนอดลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากมะนอดมีปริมาณความชื้นสูง เมื่อได้รับความร้อนจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผลมะนอดและอากาศร้อน โดยความชื้นในอาหารที่มีมากกระจายขึ้นมาบนผิวหน้าของอาหารอย่างสม่ำเสมอเมื่อสัมผัสอากาศร้อนเกิดการระเหยกลายเป็นไอ

ส่วนการแช่ผลมะนอดในน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % ก่อนการอบแห้ง มีผลทำให้เซลล์เนื้อเยื่อของผลมะนอด โปร่ง มีรูพรุนมากขึ้น ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่ได้สะดวกรวดเร็ว และมากขึ้นโดยเซลล์ที่อยู่ติดกับรูพรุนเล็กได้รับความร้อนทำให้อากาศขยายตัว ความชื้นเริ่มซึมออกมาจากเซลล์ขึ้นไปตามรูพรุนทำให้ภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากขึ้น เกิดแรงดึงดูดและมีการซึมของความชื้นผ่านเซลล์ที่อยู่ติดกันเข้าไปในเซลล์ที่อยู่ติดกับรูพรุนและระเหยออกไปทางรูพรุนด้วยอัตราเร็วคงที่

ส่วนผลสดของมะนอดใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าผลมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่ม เรียกการอบแห้งช่วงนี้ว่า อัตราการระเหยความชื้นหรืออัตราการอบแห้งคงที่ และความชื้นช่วงสุดท้ายของช่วงนี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (critical moisture content) และในช่วงแรกจะไม่พบช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ พบเพียงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้นเนื่องจากในการอบแห้งมีอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิของผลมะนอดเริ่มต้นยังไม่ถึง 55 องศาเซลเซียส พบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงสอดคล้องกับการทดลองของ Madamba (1996) พบว่า การอบแห้ง biological product เกือบทั้งหมด พบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น และ Maskan (2000) พบช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ในการอบแห้งกล้วยมีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ช่วงสั้นๆ ในการอบแห้งกล้วยที่อุณหภูมิต่ำ 40-50 องศาเซลเซียส แต่จะไม่พบช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ในการอบแห้งกล้วยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 ชั่วโมง น้ำจะเคลื่อนที่ไปที่ผิวหน้าของอาหารช้าลง ทำให้เกิดการระเหยได้ช้าลง อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าของอาหารจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบ ผิวหน้าอาหารจึงแห้ง เรียกช่วงนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ว่าอัตราการทำแห้งลดลง ความชันของกราฟต่ำลงแสดงถึงน้ำมีการระเหยน้อยลง ความชื้นลดลงเข้าใกล้ความชื้นสมดุล เพราะเป็นความชื้นที่อาหารดูดซับเอาไว้ (Fellow, 1997; วิไล, 2546)



รูป 4.3 sorption isotherms จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและ a_w ของผลมะนอด

จากรูป 4.3 แสดงกราฟ sorption isotherm เป็นกระบวนการลดความชื้น (desorption) โดยมะนอดผลสด และมะนอดที่แช่อิ่มโดยใช้น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่า มีเส้นกราฟของผลสดที่นำมาอบแห้งโดยไม่ผ่านการแช่อิ่มมีปริมาณความชื้นและมีค่า a_w สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่อิ่ม เนื่องมาจากการใช้น้ำเชื่อม น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % เข้าไปแทนที่น้ำในผลมะนอด และทำให้เซลล์เนื้อเยื่อของผลมะนอด โปร่ง มีรูพรุนมากขึ้น หลังจากนั้นความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งค่า a_w เท่ากับ 0.60 อัตราการลดลงของทุกการทดลองจะช้าลง ซึ่งสามารถนำลักษณะ sorption isotherm ดังกล่าวมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของอาหารได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองอบแห้งมะนอดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 26 ชั่วโมง พบว่าผลมะนอดสดมีความชื้นเริ่มต้น 629.91 % (dry basis) มีค่าความชื้นลดลงเหลือ 41.99 % (dry basis) และมีค่า a_w เริ่มต้น 0.91 ส่วนมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มมีค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 161.24 % (dry basis) และมีค่า a_w เริ่มต้นเฉลี่ย 0.87 ลดลงจนมีค่า a_w เหลือเท่ากับ 0.60 ซึ่ง

เป็นขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ osmophillic bacteria และ xerophillic yeast และ fungi มีผลในการยังยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (วิไล, 2546; Fennema, 1996) ดังนั้นจึงใช้เวลา 26 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาในการอบแห้งผลมะนอดในตอนต่อไป

4.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่อิ่ม

4.3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ a_w ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณความชื้น ของมะนอดผลสดและมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % เป็นเวลา 3 วัน ก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 ชั่วโมง

ตาราง 4.2 ค่า a_w ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณความชื้น ในผลมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	a_w	ความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้น (%)
ผลสดอบแห้ง	0.65^{a}±0.01	3.73ns±0.03	30.39ns±0.06
น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์	0.61^{ab}±0.01	3.71ns±0.04	30.37ns±0.15
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 10%	0.61^{ab}±0.01	3.73ns±0.01	30.26ns±0.14
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 30%	0.61^{ab}±0.01	3.73ns±0.02	30.25ns±0.08
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 10%	0.60^{b}±0.01	3.67ns±0.03	30. 24ns±0.12
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 30%	0.60^{b}±0.01	3.66ns±0.01	30.21ns±0.02

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
- ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มและนำมาอบแห้งจากตารางที่ 4.2 พบว่า สิ่งทดลองผลสดอบแห้งมีค่า a_w เท่ากับ 0.65 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองอื่น แสดงให้เห็นว่าผลสดอบแห้ง มีค่า a_w สุดท้ายสูง ซึ่งเป็นขีดจำกัดของ halophilic bacteria เจริญเติบโตได้ (วิไล, 2546) และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มมีค่า a_w ต่ำกว่า เนื่องจากว่า ในการกระบวนการแช่อิ่มมีการใช้น้ำตาลในการแช่อิ่ม น้ำตาลมีคุณสมบัติช่วยลดค่า a_w เริ่มต้นลงได้เช่นเดียวกับการใช้ซอร์บิทอลซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติทำให้ a_w ลดลงและเป็นตัวดูดซับความชื้นที่ดี น้ำตาลจะอุ้มน้ำมีการกักเก็บน้ำในตัว ในกระบวนการอบแห้ง น้ำส่วนหนึ่งถูกดึงออกไปจึงทำให้ลักษณะของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งดูชุ่มฉ่ำ (Jackson, 1990) เมื่อผ่านการอบแห้งจึงมีค่า a_w ต่ำกว่ามะนอดผลสดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแช่อิ่ม เช่นเดียวกับค่าปริมาณความชื้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณความชื้นทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

ตาราง 4.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดในผลมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
ผลสดอบแห้ง	$16.51^{d} \pm 0.78$	$18.94^{d} \pm 6.78$
น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์	$20.93^{c} \pm 0.02$	$40.00^{c} \pm 3.89$
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 10%	$21.24^{c} \pm 0.74$	$42.77^{c} \pm 3.86$
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 30%	$24.77^{b} \pm 0.24$	$53.85^{b} \pm 4.70$
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 10%	$26.17^{a} \pm 1.45$	$54.56^{b} \pm 1.16$
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 30%	$26.75^{a} \pm 0.37$	$68.63^{a} \pm 2.05$

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลสดอบแห้งและ มะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มเป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปอบแห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แสดงในตาราง 4.3 พบว่าสิ่งทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลสดอบแห้งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 16.51 และ 18.94 % ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงกับผลสดดังแสดงในตาราง 4.1 แสดงว่าปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของมะนอดอบแห้งไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เพราะปริมาณน้ำตาลไม่ได้ลดลงจากเดิม จึงไม่มีการรวมตัวระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในผลมะนอด แต่การที่ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นอาจเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ได้ ดังแสดงในตาราง 4.4 ส่วนมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าโดยมีค่าในช่วง 20.93 ถึง 26.75 % ซึ่งมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดกับ 26.75 % แสดงว่าสามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้ช้า เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดที่ยังไม่ได้ใช้ไปรวมกับหมู่อะมิโน (Jackson, 1990; Fennema, 1996 ; เพ็ญศิริ, 2546) จึงส่งผลต่อค่าสีในตาราง 4.6

4.3.3 วิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

การวัดกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของผลมะนอดสด และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % เป็นเวลา 3 วัน ก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในผลมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	ความหนืดน้ำเชื่อมที่แช่อิ่ม (cP)	กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือ	
		(Units/g)	(%)
ผลสดอบแห้ง	-	11.57 ^{a}±0.48	41.01^{a}±1.70
น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์	13.92^{c}±0.13	7.03^{b}±0.19	24.91^{b}±0.66
น้ำเชื่อม+มอลโตเด็กตริน10%	14.92^{b}±0.16	6.79^{b}±0.06	24.06^{b}±1.10
น้ำเชื่อม+มอลโตเด็กตริน 30%	27.36^{a}±0.09	6.41^{bc}±0.54	22.71^{bc}±1.91
น้ำเชื่อม+ซอร์บิทอล 10%	13.46^{d}±0.35	5.86^{cd}±0.54	20.78^{cd}±1.92
น้ำเชื่อม+ซอร์บิทอล 30%	11.08^{e}±0.11	5.25^{d}±0.26	18.59^{d}±0.93

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตาราง 4.4 ความหนืดของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่อิ่มมะนอด พบว่า น้ำเชื่อม 50 ศาบริกซ์ มีความหนืดเท่ากับ 13.39 cP และน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตรินมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กตรินเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำเชื่อมก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ30 % มีค่าเท่ากับ 14.92 และ 27.36 cP ตามลำดับ ซึ่งมีความหนืดมากกว่าน้ำเชื่อมชนิดอื่นที่มีความเข้มข้นในระดับเดียวกัน เนื่องจากมอลโตเด็กตรินเป็นโพลิเมอร์ที่ใหญ่กว่าน้ำตาลชนิดอื่นจึงให้ความหนืดมากกว่า (มีค่า dextrose equlivalent น้อยกว่า 20) ค่า DE ต่ำทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเพราะเป็นโพลิเมอร์ใหญ่ขึ้น ส่วนน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล มีความหนืดลดลง เมื่อความเข้มข้นของซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นความหนืดของน้ำเชื่อมก็ลดลงตามไปด้วย โดยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % มีค่าเท่ากับ 13.46 และ 11.08 cP ตามลำดับ เนื่องจากซอร์บิทอลเป็นแซคคาร์ไรด์โมเลกุลเดี่ยวเกาะกับน้ำได้น้อยกว่าเหมือนน้ำตาลซูโครส (Jackson, 1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผลสดอบแห้ง และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของ มอลโตเด็กตริน และซอร์บิทอล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลมะนอดสดอบแห้งมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีนอลออกซิเดสเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 41.01 % เมื่อเปรียบเทียบกับมะนอดที่แช่อิ่มอบแห้งมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีนอลออกซิเดสเหลืออยู่น้อยกว่าอยู่ในช่วง 18.59-24.91 % ซึ่งมะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีกิจกรรมเอนไซม์โพลีนอลออกซิเดสเหลืออยู่ต่ำที่สุด เท่ากับ 18.59 % ทั้งนี้อาจเกิดจากเอนไซม์ถูกเจือจางลงในน้ำเชื่อมในระหว่างการแช่อิ่มจึงทำให้ลดปริมาณลง ส่วนปริมาณเอนไซม์ที่เหลือน้อยที่สุดในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอลเข้มข้นมากอาจเนื่องจากน้ำเชื่อมนี้มีความหนืดต่ำจึงทำให้เอนไซม์ละลายจากผลมะนอดสู่น้ำเชื่อมได้ง่ายจึงทำให้ละลายออกไปมากกว่าน้ำเชื่อมชนิดอื่นๆ

ตาราง 4.5 กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ในผลมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือ	
	(Units/g)	(%)
ผลสดอบแห้ง	$13.39^{a} \pm 0.45$	$44.43^{a} \pm 1.50$
น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์	$7.53^{b} \pm 0.09$	$24.99^{b} \pm 0.31$
น้ำเชื่อม+มอลโตเด็กตริน10%	$7.30^{c} \pm 0.36$	$24.23^{c} \pm 1.20$
น้ำเชื่อม+มอลโตเด็กตริน 30%	$6.85^{d} \pm 0.13$	$22.72^{d} \pm 0.43$
น้ำเชื่อม+ซอร์บิทอล 10%	$6.29^{e} \pm 0.13$	$20.88^{e} \pm 0.41$
น้ำเชื่อม+ซอร์บิทอล 30%	$5.81^{e} \pm 0.48$	$19.28^{e} \pm 1.59$

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.5 กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในผลสดอบแห้ง และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม และน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของ มอลโตเด็กตริน และซอร์บิทอล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลมะนอดสดอบแห้งมีกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 44.43 % เมื่อเปรียบเทียบกับมะนอดที่แช่อิ่มอบแห้งมีกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่น้อยกว่าอยู่ในช่วง 19.28-44.43 % ซึ่งมะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีกิจกรรมเอนไซม์โพลีนอลออกซิเดสเหลืออยู่น้อยที่สุด เท่ากับ 19.28 % ได้ผลเช่นเดียวกับตาราง 4.4

4.3.4 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าสี และค่าแรงเฉือนของมะนอดผลสด และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % เป็นเวลา 3 วัน ก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง

ตาราง 4.6 ค่าสี และความแน่นเนื้อในผลมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	สี			ความแน่นเนื้อ
	L	a*	b*	(นิวตัน)
ผลสดอบแห้ง	$26.44^{d} \pm 0.30$	$8.73^{c} \pm 1.73$	$1.28^{ns} \pm .013$	$202.76^{a} \pm 8.13$
น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์	$31.46^{c} \pm 1.03$	$13.22^{a} \pm 1.81$	$1.78^{ns} \pm 0.13$	$54.77^{d} \pm 8.11$
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 10%	$32.40^{b} \pm 0.28$	$10.94^{b} \pm 1.36$	$1.75^{ns} \pm 0.15$	$84.26^{c} \pm 9.44$
น้ำเชื่อม+ มอลโตเด็กตริน 30%	$32.33^{b} \pm 1.16$	$10.85^{b} \pm 1.25$	$1.60^{ns} \pm 0.40$	$112.92^{b} \pm 13.95$
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 10%	$33.95^{a} \pm 0.63$	$12.05^{ab} \pm 1.30$	$1.84^{ns} \pm 0.20$	$64.02^{d} \pm 5.99$
น้ำเชื่อม+ ซอร์บิทอล 30%	$34.50^{a} \pm 0.36$	$13.41^{a} \pm 1.61$	$1.86^{ns} \pm 0.43$	$66.63^{d} \pm 6.04$

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
- ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสี L a* และ b* ของมะนอดผลสดและมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มอบแห้ง แสดงในตาราง 4.6 โดยค่า L เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง a* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน พบว่า ปัจจัยการแช่ผลมะนอดในน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของ มอลโตเด็กตริน และซอร์บิทอล มีผลต่อค่าสี L a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลสดอบแห้งมีค่าสี L ต่ำที่สุด เท่ากับ 26.44 เมื่อเปรียบเทียบกับมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่ม จะให้ค่าสี L มากกว่า แสดงว่าน้ำเชื่อมช่วยชะลอการเปลี่ยนสีได้ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีค่าสี L มากที่สุด เท่ากับ 34.50 โดยเฉพาะการเปลี่ยนสีที่เกิดจากเอนไซม์ ส่วนซอร์บิทอลช่วยชะลอการเปลี่ยนสีจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ด้วยเพราะซอร์บิทอลจะไม่สามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนได้ (Fennema, 1996)

ด้านค่าสี a* ปัจจัยการแช่อิ่มและไม่แช่อิ่มมีผลต่อค่าสี a* ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยผลสดอบแห้งมีค่าสี a* ต่ำที่สุด เท่ากับ 8.73 ส่วนมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มมีค่าอยู่ในช่วง 10.85-13.41 แสดงว่ามะนอดแช่อิ่มมีสีแดงเล็กน้อย

ด้านค่าสี b* ปัจจัยการแช่อิ่มและไม่แช่อิ่มมะนอดเป็นเวลา 3 วัน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีผลต่อค่าสี b* ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี b* อยู่ในช่วง 1.28-1.86 เนื่องจากมะนอดที่แช่อิ่มอบแห้งมีเฉดสีแดง

ค่าแรงเฉือนมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองผลสดอบแห้งมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 202.76 นิวตัน เนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระหว่างการอบแห้งรูปร่างของอาหารเกิดการเหี่ยวย่นเมื่อมีการระเหยน้ำออกจากเนื้อเยื่ออาหารมีผลให้แรงเต่งของเซลล์ลดลง เกิดการหดตัวที่เซลล์บริเวณผิวของอาหารและนะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 30 % มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 112.92 นิวตัน มอลโตเด็กตรินมีคุณสมบัติในการรักษาความชื้นของอาหาร และยังใช้ในการเพิ่มเนื้อสัมผัส (body effect) ให้อาหาร เนื่องจากมอลโตเด็กตรินมีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่อยู่มาก จึงสามารถค้ำจุนโครงสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลได้ดีซึ่งมีค่าแรงเฉือนมากกว่านะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล30 % มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 66.63 นิวตัน (จิราพร, 2538)

4.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในมะนอดสดอบแห้ง มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน ประเมินความชอบที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อ และ ความชอบโดยรวม และใช้ทดสอบแบบ Hedonic nine point scale ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 มีความแตกต่างกันอย่างนัยมีสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)ในทุกคุณลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ผลคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะนอดอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง / คุณลักษณะ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
ผลสดอบแห้ง	$3.47^{b}\pm1.77$	$3.87^{c}\pm2.00$	$4.60^{c}\pm2.13$	$3.07^{c}\pm1.67$	$2.73^{d}\pm1.44$	$2.67^{d}\pm1.29$	$3.07^{d}\pm1.39$
น้ำเชื่อม	$6.80^{a}\pm1.32$	$6.40^{b}\pm1.18$	$6.33^{ab}\pm1.54$	$6.80^{a}\pm0.77$	$6.80^{b}\pm1.21$	$6.53^{b}\pm1.19$	$6.93^{b}\pm0.96$
น้ำเชื่อม + มอลโตเด็กตริน 10 %	$7.00^{a}\pm1.20$	$6.73^{b}\pm0.59$	$6.47^{ab}\pm0.83$	$6.60^{a}\pm0.91$	$6.60^{b}\pm0.99$	$6.67^{b}\pm1.29$	$6.47^{b}\pm1.41$
น้ำเชื่อม + มอลโตเด็กตริน 30 %	$6.47^{a}\pm1.46$	$6.53^{b}\pm1.55$	$5.47^{bc}\pm1.68$	$5.53^{b}\pm1.96$	$5.07^{c}\pm2.09$	$5.00^{c}\pm2.04$	$5.47^{c}\pm1.36$
น้ำเชื่อม + ซอร์บิทอล 10 %	$6.80^{a}\pm1.01$	$6.87^{ab}\pm0.52$	$6.40^{ab}\pm0.83$	$6.73^{a}\pm1.16$	$6.47^{b}\pm1.25$	$6.60^{b}\pm1.24$	$6.73^{b}\pm0.70$
น้ำเชื่อม + ซอร์บิทอล 30 %	$7.07^{a}\pm1.03$	$7.67^{a}\pm0.72$	$7.00^{a}\pm1.25$	$7.60^{a}\pm1.06$	$7.80^{a}\pm0.68$	$7.73^{a}\pm0.80$	$7.80^{a}\pm0.68$

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบชิมของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก. ลักษณะปรากฏ

ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.47-7.07 ซึ่งมะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีแนวโน้มคะแนนความชอบมากที่สุด ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 3.47

ข. สี

ด้านสี พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % คะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.67 รองลงมาคือมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.87 ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 3.87

ค. กลิ่น

ด้านกลิ่น พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 % และ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล10 และ 30 % คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างนัยมีสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.33-7.00 ซึ่งโดยมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีแนวโน้มคะแนนความชอบมากที่สุด ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 4.60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. รสชาติ

ด้านรสชาติ พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 % และ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล10 และ 30 % คะแนนความชอบด้านรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.60-7.60 ซึ่งมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีแนวโน้มคะแนนความชอบมากที่สุด และผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบแตกต่างกับสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 3.07

จ. เนื้อสัมผัส

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 10 และ 30 % ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.80 ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบ น้อยที่สุดเท่ากับ 2.73

ฉ. ความแน่นเนื้อ

ด้านความแน่นเนื้อ พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล10 และ 30 % ได้คะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.73 ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 2.67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช. ความชอบโดยรวม

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล10 และ 30 % ได้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.80 ส่วนผลสดอบแห้งมีคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 3.07

จากการทดลองการอบแห้งของมะนอดผลสด และมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กตริน 10 และ 30 % และ น้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล10 และ 30 % เป็นเวลา 3 วัน ก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 26.75 และ 68.63 % ตามลำดับ กิจกรรมเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 18.59 และ 19.28 % ตามลำดับ แสดงว่ามะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ช้าที่สุดซึ่งมีผลทำให้ค่าสี L มากที่สุดเท่ากับ 34.50 และจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า มะนอดที่แช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 %ได้รับการยอมรับผู้บริโภคมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสิ่งทดลองน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.4 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อการยับยั้งการเปลี่ยนสีของมะนอดอบแห้ง

4.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

จากการทดลองตอนที่ 4.3 นำมะนอดมาแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ค่า a_w ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณความชื้นของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	a_w	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ความชื้น (%)
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)			
แช่สาร (a_1)	0.60ns±0.00	3.58^{a}±0.08	30.47ns±0.41
ไม่แช่สาร (a_2)	0.61ns±0.00	0.53^{b}±0.10	30.55ns±0.32
ปริมาณกรดซิตริก (%) (b)			
0 (b_1)	0.61ns±0.00	3.67^{a}±0.02	30.79ns±0.21
0.3 (b_2)	0.61ns±0.00	3.59^{b}±0.02	30.53ns±0.32
0.6 (b_3)	0.61ns±0.00	3.56^{c}±0.03	30.56ns±0.24
0.9 (b_4)	0.61ns±0.00	3.42^{d}±0.05	30.16ns±0.38
a×b			
a_1b_1	0.60ns±0.00	3.68^{a}±0.01	30.69ns±0.26
a_1b_2	0.60ns±0.00	3.60^{b}±0.02	30.50ns±0.54
a_1b_3	0.60ns±0.00	3.59^{b}±0.01	30.60ns±0.08
a_1b_4	0.60ns±0.00	3.46^{c}±0.02	30.10ns±0.62
a_2b_1	0.61ns±0.00	3.65^{a}±0.02	30.90ns±0.14
a_2b_2	0.61ns±0.00	3.58^{b}±0.02	30.56ns±0.15
a_2b_3	0.60ns±0.00	3.53^{c}±0.01	30.53ns±0.40
a_2b_4	0.60ns±0.00	3.38^{d}±0.00	30.21ns±0.16

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
- ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.8 มะนอดผ่านการแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า a_w และปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.60 – 0.61 และ 30.10 – 30.90 ตามลำดับ การอบแห้งจนได้ผลิภัณฑ์สุดท้ายมีการควบคุมค่า a_w เหลือเท่ากับ 0.60 ซึ่งเป็นขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ osmophillic bacteria และ xerophillic yeast และ fungi มีผลในการยังยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (วิไล, 2546; Fennema, 1996) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างจะเห็นว่าชุดที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะสูงกว่าชุดที่ไม่ได้แช่แคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนั้นความเป็นกรด-ด่างจะลดลงตามปริมาณกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้นของทั้งสองชุดการทดลอง

4.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดของมะนอดแช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)		
แช่สาร (a_1)	11.56^{b}±1.82	19.15^{b}±1.05
ไม่แช่สาร (a_2)	18.07^{a}±2.57	30.21^{a}±4.30
ปริมาณกรดซิตริก (%) (b)		
0 (b_1)	13.34^{b}±4.17	22.79^{d}±5.00
0.3 (b_2)	14.65^{b}±4.59	23.34^{c}±4.99
0.6 (b_3)	14.32^{b}±4.02	23.52^{b}±5.21
0.9 (b_4)	16.96^{a}±3.12	29.08^{a}±9.03
a×b		
a_1b_1	9.53^{d}±2.80	18.22^{d}±0.56
a_1b_2	10.46^{cd}±3.34	18.79^{cd}±1.35
a_1b_3	12.13^{cd}±0.43	18.86^{cd}±0.25
a_1b_4	14.11^{c}±5.75	20.84^{c}±0.41
a_2b_1	17.15^{b}±2.86	27.35^{b}±1.03
a_2b_2	18.83^{ab}±0.33	27.89^{b}±1.69
a_2b_3	19.50^{ab}±1.08	28.27^{b}±0.21
a_2b_4	19.80^{a}±0.48	37.32^{a}±1.89

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่โดยวิธี DMRT ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดจากตาราง 4.9 มะนอดผ่านการแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเหลือน้อยกว่าการไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 11.56 และ 18.07 % ตามลำดับ เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์ลดความเป็นกรดของกรดซิตริกจึงทำให้ฤทธิ์ความเป็นกรดลดลง กระบวนการไฮโดรไลซิสของน้ำตาลซูโครสในน้ำเชื่อมลดลงจึงมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่า 19.15 และ 30.21 % ตามลำดับ อรุณี (2549) รายงานว่า มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่งโมง พบว่า มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเหลือในปริมาณน้อยกว่าการแช่ในน้ำกลั่นและไม่แช่สารละลาย ส่วนมะนอดที่แช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของกรดซิตริก 0 % ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยที่สุดเท่ากับ 9.53 และ 17.15 % ตามลำดับ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 18.22 และ 27.35 % กลุ่มที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ส่วนปริมาณกรดที่เติมไม่ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)ภายในกลุ่มเดียวกัน

4.4.3 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และ กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และ กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ของมะนอดแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 ปริมาณกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือ	
	(Units/g)	(%)
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)		
แช่สาร (a_1)	3.80^{b}±0.85	13.47^{b}±2.99
ไม่แช่สาร (a_2)	5.58^{a}±1.38	19.78^{a}±4.88
ปริมาณกรดซิตริก (%) (b)		
0 (b_1)	6.49^{a}±1.48	22.98^{a}±5.26
0.3 (b_2)	4.48^{b}±0.76	15.87^{b}±2.68
0.6 (b_3)	3.91^{c}±0.83	13.84^{c}±2.93
0.9 (b_4)	3.90^{c}±0.83	13.81^{c}±2.94
a×b		
a_1b_1	5.13^{c}±0.01	18.18^{c}±0.04
a_1b_2	3.79^{e}±0.02	13.43^{e}±0.04
a_1b_3	3.15^{f}±0.13	11.16^{f}±0.03
a_1b_4	3.14^{f}±0.14	11.13^{f}±0.34
a_2b_1	7.48^{a}±0.18	26.51^{a}±0.43
a_2b_2	5.14^{b}±0.02	18.32^{b}±0.03
a_2b_3	4.66^{d}±0.16	16.51^{d}±0.36
a_2b_4	4.65^{d}±0.08	16.48^{d}±0.05

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ปริมาณกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือ	
	(Units/g)	(%)
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)		
แช่สาร (a_1)	4.04^{b}±0.91	13.40^{b}±3.01
ไม่แช่สาร (a_2)	6.18^{a}±0.91	20.49^{a}±3.02
ปริมาณกรดซิตริก (%) (b)		
0 (b_1)	6.55^{a}±1.23	21.73^{a}±4.07
0.3 (b_2)	4.85^{b}±0.80	16.09^{b}±2.65
0.6 (b_3)	4.80^{c}±1.41	15.25^{c}±4.67
0.9 (b_4)	4.44^{d}±1.24	14.71^{d}±4.12
a×b		
a_1b_1	5.43^{d}±0.12	18.02^{d}±0.03
a_1b_2	4.12^{e}±0.08	13.67^{e}±0.33
a_1b_3	3.31^{f}±0.00	10.98^{f}±0.01
a_1b_4	3.30^{f}±0.18	10.95^{f}±0.19
a_2b_1	7.67^{a}±0.05	25.45^{a}±0.08
a_2b_2	5.88^{b}±0.15	19.51^{c}±0.33
a_2b_3	5.58^{c}±0.58	18.51^{b}±0.79
a_2b_4	5.57^{c}±0.04	18.48^{c}±0.10

หมายเหตุ: - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.10 และ 4.11 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะนอดที่ผ่านการแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของ ซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเหลือน้อยกว่าการไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ผ่านการแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 13.47 และ 19.78 % ตามลำดับ โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ 13.40 และ 20.49 % ตามลำดับ ส่วนการแช่ผลแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 % นาน 3 นาที มีผลต่อการลดระดับการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อผลได้ดี (Son *et al*., 2001) ซึ่งการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Darke and Spayd, 1993) สันนิษฐานว่าแคลเซียมคลอไรด์จะแตกตัวให้คลอไรด์ไอออนและไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลและโลหะทองแดงที่บริเวณเร่งปฏิกิริยาทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดกิจกรรมลงไป (Balakrishnan *et al*., 2001) ส่วน วชิรญา (2548) รายงานว่า การแช่เนื้อมะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกร่วมกันสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้ ซึ่งกรดซิตริกยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดได้อีกด้วย (McCord and Kilara, 1983) ขณะที่ อรุณี (2549) พบว่า มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 % และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่งโมง กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลือน้อยที่สุด ซึ่งมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่ในน้ำกลั่นและไม่แช่สารละลาย สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถป้องกันหรือยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะแตกตัวให้คลอไรด์ไอออนและไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลและสามารถจับกับโลหะไอออนได้หลายชนิด เช่น เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ทำให้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลต่อไป (Conway *et al*., 1994) เช่นเดียวกับการทดลองการนำชิ้นเนื้อสาลี่ล้างด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 % และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ (Rosen and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kader, 1989) นอกจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังสามารถช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งได้อีกด้วย (Suren Mishra, 2002)

4.4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ ค่าสี และแรงเฉือนของมะนอดแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % ร่วมกับการผลของการแช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วันก่อนการอบแห้งอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ค่าสี และแรงเฉือนของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	สี			แรงเฉือน (นิวตัน)
	L	a*	b*	
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)				
แช่สาร (a_1)	34.05^{a}±0.87	16.29^{b}±1.32	6.45^{b}±0.92	106.21^{a}±2.51
ไม่แช่สาร (a_2)	31.90^{b}±1.20	17.31^{a}±0.92	7.21^{a}±1.34	74.20^{b}±6.94
ปริมาณกรดซิตริก(%)(b)				
0 (b_1)	32.25^{b}±1.42	15.94^{b}±1.40	6.42^{b}±0.72	87.02^{b}±26.87
0.3 (b_2)	33.00^{ab}±1.71	16.38^{b}±1.10	7.04^{ab}±1.07	90.92^{ab}±19.45
0.6 (b_3)	33.20^{a}±1.45	17.52^{a}±0.94	6.38^{b}±0.95	86.67^{b}±24.98
0.9 (b_4)	33.33^{a}±1.46	17.21^{a}±0.88	7.41^{a}±1.71	96.20^{a}±19.23
a×b				
a_1b_1	33.31^{ab}±0.96	15.29^{b}±0.85	6.4^{bc}±0.8	106.02^{a}±9.45
a_1b_2	34.09^{a}±0.76	15.62^{b}±0.84	6.7^{bc}±0.9	104.67^{a}±14.18
a_1b_3	34.54^{a}±0.28	17.20^{a}±1.13	6.8^{bc}±0.9	104.33^{a}±13.33
a_1b_4	34.55^{a}±0.49	17.42^{a}±0.99	5.6^{c}±0.8	109.80^{a}±10.77
a_2b_1	31.20^{c}±0.91	17.23^{a}±1.49	8.4^{a}±0.9	68.02^{b}±10.07
a_2b_2	31.77^{bc}±1.76	17.14^{a}±0.75	6.4^{bc}±0.6	77.16^{b}±6.72
a_2b_3	32.24^{bc}±1.08	17.23^{a}±0.71	7.7^{ab}±1.0	69.01^{b}±10.08
a_2b_4	32.35^{bc}±0.57	17.64^{a}±0.98	6.0^{c}±0.8	82.60^{b}±8.59

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสี L a* และ b* ดังกล่าวในสุคนธ์ชื่นและวรรณวิบูลย์ (2543) ของมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มอบแห้ง แสดงในตาราง 4.12 โดยค่า L เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง a* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ค่าเหล่านี้ในมะนอดที่ทดลองดังตารางที่ 4.12 พบว่า สิ่งทดลองแช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % มีผลต่อค่าสี L a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยค่าสี L ของกลุ่มที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงกว่าแสดงว่ามีสีเข้มน้อยกว่าซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลือน้อยกว่าจึงทำให้สีเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ซึ่งมะนอดที่ไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์และปริมาณกรดซิตริก 0 % มีค่าสี L ต่ำที่สุด เท่ากับ 31.20 โดยมะนอดที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ และปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าสี L มากที่สุด เท่ากับ 34.54 และ 34.55 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองกิจกรรมเนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเปอร์ออกซิเดสมีค่าน้อยที่สุด

ด้านค่าสี a* มะนอดที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ และปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % และมะนอดที่ไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ และปริมาณกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 17.14-17.64 ส่วนมะนอดที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ และปริมาณกรดซิตริก 0 และ 0.3 % มีค่าสี a* ต่ำที่สุดเท่ากับ 15.29 และ 15.62 เนื่องจากสีแดงในมะนอดเป็นสีของแอนโทไซยานินละลายน้ำได้ เกิดจากแอนโทไซยานินอยู่ใสภาพที่เป็นกรดจะมีสีแดงมากกว่า ค่าสี a* ที่ลดลงเกิดจากแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป flavylium cation ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนไปอยู่ในรูป pseudobase (Mackiney and Little, 1962)

ด้านค่าสี b* มะนอดที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % และปริมาณกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % และมะนอดที่ไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % และปริมาณกรดซิตริก 0.3 และ 0.9 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 5.6-6.8 ส่วนมะนอดที่ไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ และปริมาณกรดซิตริก 0 และ 0.6 % มีค่าสี b* สูงที่สุดเท่ากับ 8.4 และ 7.7 ตามลำดับ ซึ่งเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าแรงเฉือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยมะนอดที่แช่แคลเซียมคลอไรด์มีค่าแรงเฉือนมากกว่ามะนอดที่ไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์โดยมีค่าอยู่ในช่วง 104.33-109.80 และ 68.02-82.60 นิวตัน เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์เชื่อมต่อกับโครงสร้างโดยเฉพาะสารโพลิเมอร์ใหญ่เช่น เพคตินในพืชจึงทำให้โมเลกุลของเพคตินเชื่อมต่อกันเป็นร่างแหแข็งแรงขึ้น

4.4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในมะนอดแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 %ร่วมกับการแช่แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาที และกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ทำการแช่อิ่มเป็นเป็นเวลา 3 วันก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คนประเมินความชอบที่มีต่อคุณลักษณะในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม โดยใช้ทดสอบแบบ Hedonic nine point scale ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ผลคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะนอดอบแห้งที่แช่และไม่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก

ปัจจัย	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (a)							
แช่สาร (a_1)	6.23^{b}±1.17	6.25ns±1.44	6.15ns±1.58	5.98ns±2.12	5.92ns±1.80	5.71^{b}±1.72	5.77^{b}±1.92
ไม่แช่สาร (a_2)	6.73^{a}±1.21	6.63ns±1.41	6.46ns±1.49	6.58ns±1.68	6.33ns±1.44	6.62^{a}±1.48	6.38^{a}±1.64
ปริมาณกรดซิตริก (%) (b)							
0 (b_1)	6.00^{c}±1.41	5.81^{c}±1.52	5.77^{b}±1.66	5.73^{b}±1.71	5.69^{b}±1.46	5.65^{b}±1.62	5.69^{b}±1.46
0.3 (b_2)	6.10^{bc}±0.94	6.11^{bc}±1.50	6.19^{ab}±1.70	6.04^{ab}±2.19	5.65^{b}±1.94	5.77^{b}±1.84	5.62^{ab}±1.94
0.6 (b_3)	6.73^{ab}±1.15	6.81^{ab}±1.36	6.46^{ab}±1.53	6.50^{ab}±2.01	6.46^{ab}±1.39	6.35^{ab}±1.79	6.55^{ab}±1.96
0.9 (b_4)	7.00^{a}±1.06	7.04^{a}±0.99	6.81^{a}±1.06	6.85^{a}±1.69	6.69^{a}±1.52	6.88^{a}±1.03	6.65^{a}±1.72
a×b							
a_1b_1	6.08^{b}±1.80	5.92^{cd}±1.80	6.15^{ab}±1.77	6.00^{ab}±1.87	5.69^{b}±1.08	5.84^{c}±1.77	5.92^{ab}±1.85
a_1b_2	6.46^{ab}±0.97	6.23^{bcd}±1.59	6.23^{ab}±1.48	6.15^{ab}±1.91	5.69^{b}±1.65	6.07^{bc}±1.55	5.54^{b}±2.07
a_1b_3	7.08^{a}±0.76	7.15^{ab}±0.69	6.92^{a}±1.12	7.23^{a}±1.09	6.92^{a}±0.86	7.00^{ab}±1.08	7.07^{a}±1.12
a_1b_4	7.03^{a}±0.63	7.23^{a}±0.93	6.54^{ab}±1.56	6.92^{a}±1.61	7.00^{a}±0.58	7.54^{a}±0.66	7.00^{a}±0.82
a_2b_1	5.92^{b}±0.95	5.69^{d}±1.25	5.38^{b}±1.50	5.46^{b}±1.56	5.69^{b}±1.11	5.46^{c}±1.51	5.46^{b}±0.97
a_2b_2	5.92^{b}±0.86	6.00^{cd}±1.47	6.15^{ab}±1.95	5.92^{ab}±2.53	5.69^{b}±2.26	5.46^{c}±2.11	5.69^{b}±1.89
a_2b_3	6.38^{a}±^{b}1.39	6.46^{abcd}±1.76	6.38^{ab}±1.56	6.08^{ab}±2.33	6.00^{ab}±1.68	5.69^{c}±2.14	5.62^{b}±2.36
a_2b_4	6.79^{ab}±1.32	6.85^{abc}±1.07	6.69^{a}±1.03	6.46^{ab}±2.11	6.38^{ab}±2.06	6.23^{bc}±0.93	6.31^{ab}±2.29

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบชิมของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก. ลักษณะปรากฏ

ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า มะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.08 และ 7.03 ตามลำดับ มะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 และ 0.3 % มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 5.92

ข. สี

ด้านสี พบว่า มะนอดที่แช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % คะแนนความชอบด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.23 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.15 ส่วนสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % มีคะแนนน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.69 ตามลำดับ

ค. กลิ่น

ด้านกลิ่น พบว่า มะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด เท่ากับ 5.38 โดยคะแนนที่ได้แตกต่างกันอย่างนัยมีสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)กับมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.92 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % โดยมีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.54

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. รสชาติ

ด้านรสชาติ พบว่า มะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % โดยมีคะแนนความชอบน้อยที่สุด เท่ากับ 5.46 และมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.23 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % โดยมีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.92

จ. เนื้อสัมผัส

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า มะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.00 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.92 ส่วนมะนอดที่แช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % และ 0.3 % มีคะแนนความชอบเท่ากัน ซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 5.69

ฉ. ความแน่นเนื้อ

ด้านความแน่นเนื้อ พบว่า มะนอดที่แช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % โดยคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.54 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.00 ส่วนมะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % และ 0.3 % มีคะแนนความชอบเท่ากัน ซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 5.46

ช. ความชอบโดยรวม

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า มะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 0.6 และ 0.9 % และมะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % โดยคะแนนด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.07 รองลงมาคือมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.9 % มีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.00 ส่วนมะนอดที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 % มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 5.46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองการอบแห้งของมะนอดที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 30 นาทีร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0 0.3 0.6 และ 0.9 % ก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า มะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและปริมาณกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสต่ำที่สุด นั่นคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์เกิดได้ช้าลง โดยมะนอดที่แช่และไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.3 0.6 และ 0.9 % มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดที่เติม นั่นคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์เกิดได้ช้าลงเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นสังเกตได้จากค่าสี L โดยมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 และ 0.9 % ให้ค่าสี L มากที่สุด เท่ากับ 34.54 และ 34.55 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกมะนอดที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 0.6 % ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งการใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นมากเกินไปอาจทำให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติไป (off-flavor) และอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ (บัวหลวง, 2545; Vamos-Vigyazo, 1995) เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะนอดอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด

การผลิตมะนอดแช่อิ่มอบแห้ง จากการทดลองที่ 4.4 คือ การนำมะนอดมาแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % นาน 30 นาที แล้วแช่ในน้ำเชื่อมที่ส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % และกรดซิตริก 0.6 % เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงสุญญากาศ Aluminum foil (แบบขุ่น) และ Nylon/LLDPE (แบบใส) โดยบรรจุ 2 ลักษณะคือ บรรจุในบรรยากาศปกติ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพตามระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ วันที่ 0 15 30 45 60 75 90

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.1 ความชื้นและค่า Water activity (a_w)

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ปริมาณความชื้น (%) ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	สิ่งทดลอง			
	บรรยากาศปกติ		สุญญากาศ	
	แบบใส	แบบขุ่น	แบบใส	แบบขุ่น
0	30.99^{a}±0.46	31.01^{a}±0.23	30.43^{a}±0.28	30.79^{a}±0.68
15	30.86^{a}±0.35	29.90^{b}±0.25	30.13^{a}±0.10	30.10^{ab}±0.41
30	30.01^{b}±0.40	29.07^{c}±0.19	29.58^{b}±0.20	29.37^{bc}±0.18
45	29.24^{c}±0.27	28.49^{d}±0.28	28.80^{c}±0.12	28.21^{cd}±0.37
60	28.86^{cd}±0.13	28.42^{d}±0.24	28.68^{c}±0.32	28.03^{d}±0.44
75	28.45^{d}±0.31	28.18^{de}±0.16	28.57^{c}±0.28	27.77^{d}±0.21
90	27.54^{e}±0.25	27.80^{e}±0.23	27.75^{d}±0.30	27.52^{d}±0.27

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า Water activity ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.17 ค่า Water activity (a_w) ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	สิ่งทดลอง			
	บรรยากาศปกติ		สุญญากาศ	
	แบบใส	แบบขุ่น	แบบใส	แบบขุ่น
0	0.60^{a}±0.04	0.60^{a}±0.04	0.59^{a}±0.03	0.60^{a}±0.02
15	0.59^{ab}±0.01	0.58^{b}±0.0	0.58^{ab}±0.02	0.58^{b}±0.00
30	0.58^{bc}±0.02	0.57^{bc}±0.04	0.57^{bc}±0.02	0.57^{bc}±0.03
45	0.58^{bc}±0.02	0.57^{bc}±0.05	0.57^{bc}±0.02	0.57^{bc}±0.03
60	0.57^{cd}±0.02	0.57^{bc}±0.03	0.57^{bc}±0.01	0.57^{bc}±0.02
75	0.56^{d}±0.04	0.57^{bc}±0.03	0.56^{bc}±0.02	0.56^{c}±0.04
90	0.56^{d}±0.02	0.56^{c}±0.01	0.56^{c}±0.00	0.56^{c}±0.01

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งจากตาราง 4.15 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นเริ่มต้นในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 30.43 – 31.01 % และปริมาณความชื้นสุดท้ายในวันที่ 90 มีค่าเท่ากับ 27.52 – 27.80 % สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งในตาราง 4.17 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า a_w ลดลง โดยค่า a_w เริ่มต้นในวันที่ 0 เท่ากับ 0.59 – 0.60 และในวันที่ 90 เท่ากับ 0.56 แสดงว่าบรรจุภัณฑ์และลักษณะการบรรจุไม่มีผลต่อค่า a_w เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องมาจาก ความชื้นเริ่มต้นสูง แต่ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้และไม่ใช้เอนไซม์ยังสามารถเกิดขึ้นได้ มีผลต่อค่าสีในระหว่างการเก็บรักษา (Gustavo and Vega-Mercado, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

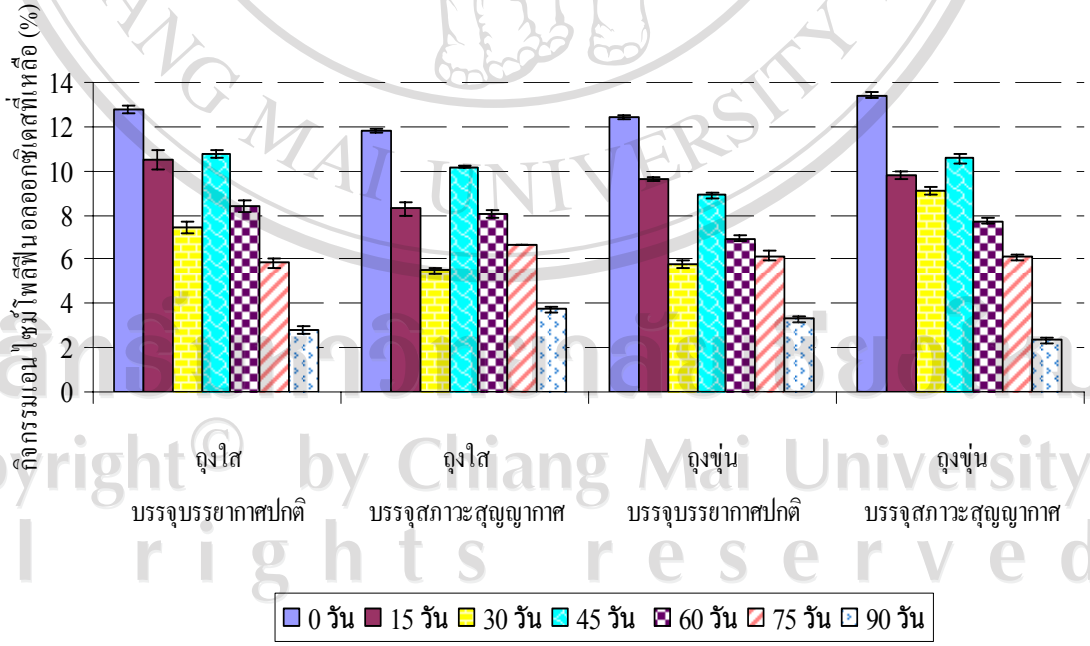
4.5.2 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



รูป 4.4 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

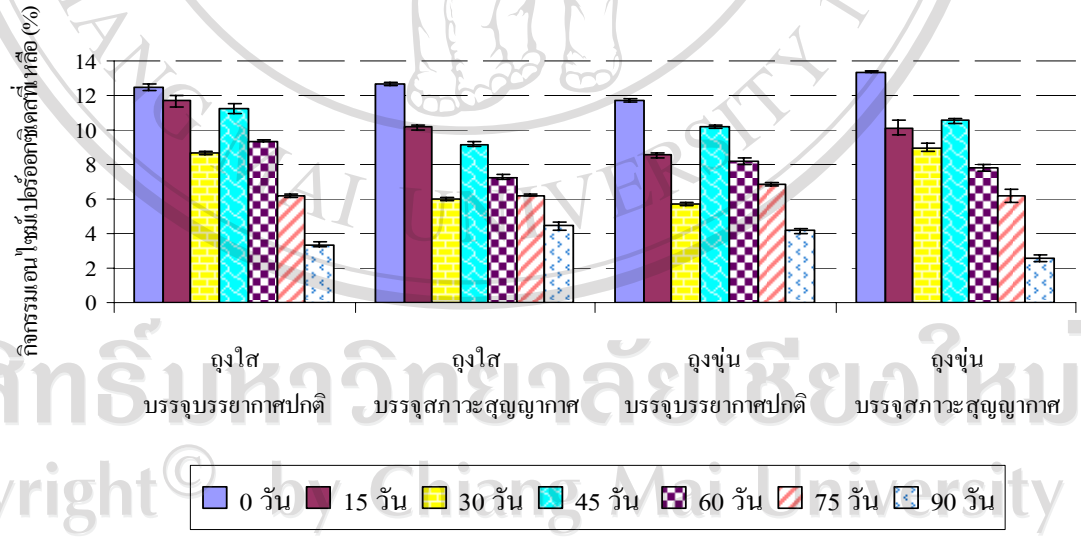
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.5 กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งในรูป 4.4 และ 4.5 (ตารางภาคผนวก ข-1และ ข-2) พบว่า กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงเมื่อเริ่มต้นของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 30 และเพิ่มสูงที่สุดในวันที่ 45 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากโครงสร้างเอนไซม์บางส่วนเกิดการเสียสภาพแบบผันกลับได้ กลับมาสร้างพันธะโควาเลนท์กัน แล้วทำให้บริเวณเร่งปฏิกิริยาสามารถจับกับสเตรตและเร่งปฏิกิริยาได้ (สุทธิศักดิ์, 2550) และกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงอีกในช่วงหลังจากวันที่ 45 ถึงวันที่ 90 มีค่าอยู่ช่วง 2.34 – 3.72 % และกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลงอีกในช่วงหลังจากวันที่ 45 ถึงวันที่ 90 มีค่าอยู่ช่วง 2.55 – 4.45 % กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ลดลงอาจเกิดจากการลดลงของ a_w ทำให้อาหารแห้งซึ่งไม่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิด ส่วนการทดลองของสุทธิศักดิ์ (2550) ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่ม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงอาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ในน้ำพริกหนุ่ม เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการแหล่งไนโตรเจนเป็นสารอาหาร และจุลินทรีย์บางชนิดใช้สารอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปโปรตีน เอนไซม์เป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง จุลินทรีย์บางชนิดจึงอาจใช้เอนไซม์เป็นแหล่งโปรตีนทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

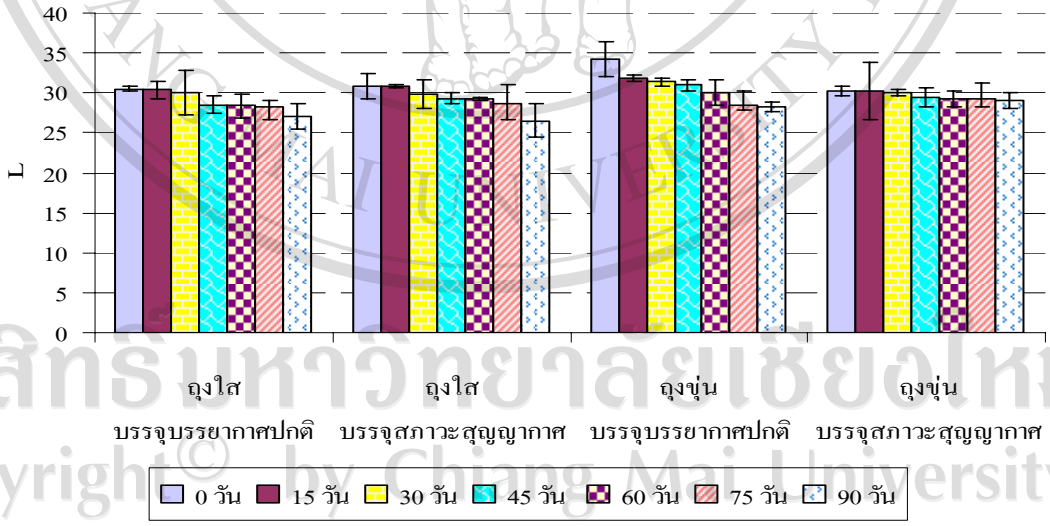
4.5.3 ค่าสี L a* และ b*

ตาราง 4.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



รูป 4.6 ค่าสี L ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

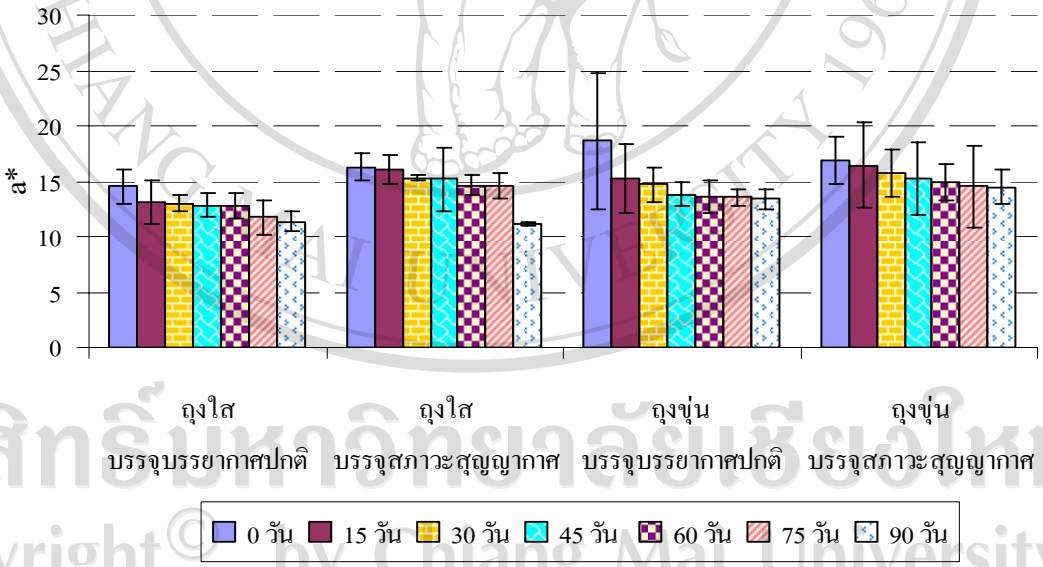
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี a* ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	+
ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



รูป 4.7 ค่าสี a* ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

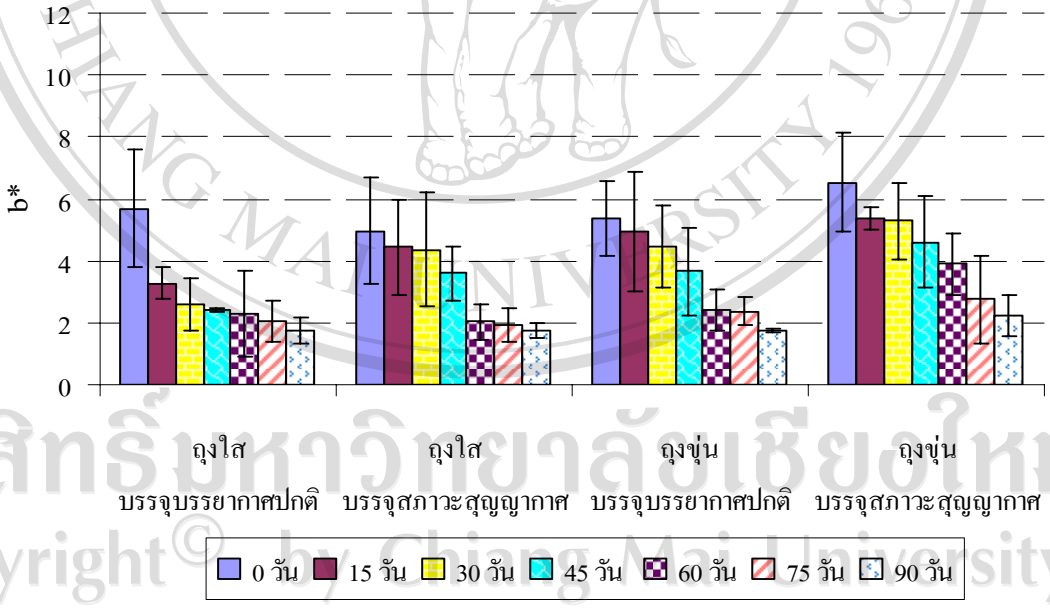
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี b* ระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	+
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.8 ค่าสี b* ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

ผลการเปลี่ยนแปลงด้านสีของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในรูป 4.6-4.8 (ตารางภาคผนวก ข-3, ข-4 และ ข-5) พบว่าค่าสี L ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาในถุงขุ่นบรรจุแบบสุญญากาศไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนมะนอดแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาในถุงใสบรรจุแบบสุญญากาศและถุงใสและขุ่นบรรจุบรรยากาศปกติมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแสดงว่ามะนอดแช่อิ่มอบแห้งมีความสว่างลดลง ค่าสี a* มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเกิดจากแอนโทไซยานินสลายตัวได้อย่างช้าๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน (สรศักดิ์, 2548) ส่วนค่าสี b* ของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาในถุงขุ่นบรรจุแบบสุญญากาศและถุงขุ่นบรรจุแบบบรรยากาศปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งให้ค่าสี L a* และ b* ให้ค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (อรุณี, 2549) และการศึกษาการเก็บรักษาแยมฝรั่งที่แปรรูปด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่งและความร้อนพบว่าแยมฝรั่งมีค่าสี L ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

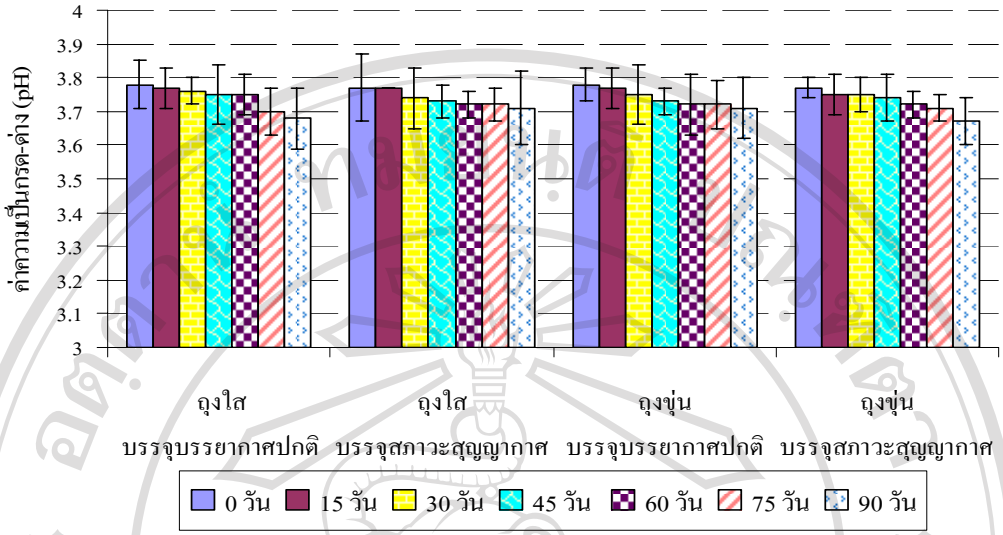
ตาราง 4.23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเป็นกรด-ด่างระหว่างการเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัย	Significant different ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	+
ลักษณะการบรรจุ	-
ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	-
ระยะเวลาการเก็บรักษา X ลักษณะการบรรจุ X ชนิดบรรจุภัณฑ์	+

หมายเหตุ : + หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

- หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งในรูป 4.9 (ตารางภาคผนวก ข-6) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากมะนอดแช่อิ่มอบแห้งผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % แต่เนื่องจากกรดซิตริกเป็นกรดอ่อนจึงแตกตัวได้ไฮโดรเจนไอออนเพียงเล็กน้อยจึงมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพียงเล็กน้อย (ประเสริฐ, 2539) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดลง โดยค่าความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรด-ด่างของมะนอดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 23.26 – 22.40 และค่าความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 90 เท่ากับ 19.89 – 19.48 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดลง โดยกฤติยา (2546) พบว่าพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 สัปดาห์ มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.5 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การเก็บรักษามะนอดแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยมะนอดแช่อิ่มอบแห้งพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 250 cfu/g ก่อนการเก็บรักษาและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลิตมีการกำจัดปริมาณน้ำและปริมาณความชื้นด้วยการแช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอล 30 % ที่ทำให้โครงสร้างในเนื้อเยื่อผลมะนอดมีลักษณะเป็นรูพรุนและกระบวนการอบแห้งให้มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ทำให้ปริมาณน้ำในอาหารไม่เพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ (วราวุฒิ, 2538) ส่วนปริมาณยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบปริมาณเชื้อน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2539) ที่กำหนดปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนี และจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 1×10^2 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งโดยทั่วไปแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ที่ a_w สูงกว่า 0.90 ขณะที่ยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูง สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารที่ a_w 0.61 (Jay, 1996) ส่วนราที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียสามารถเจริญเติบโตได้ที่ a_w สูงกว่า 0.80 (วิไล, 2546)

จากการทดลองการบรรจุมะนอดแช่อิ่มอบแห้งในถุงสุญญากาศแบบใสและขุ่นบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มะนอดแช่อิ่มที่บรรจุในถุงขุ่นสภาวะสุญญากาศ มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้อยที่สุด โดยให้ค่าสี L และ a* ในวันที่ 90 มากที่สุด คือ 29.03 และ 14.48 ตามลำดับ รองลงมา คือมะนอดแช่อิ่มที่บรรจุในถุงขุ่นสภาวะปกติ โดยให้ค่าสี L และ a* ในวันที่ 90 คือ 28.24 และ 13.41 ตามลำดับ และมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และกิจกรรมเปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่น้อยที่สุด คือ 2.34 และ 2.55 % เนื่องจากค่าสี L สามารถบ่งบอกถึงระดับของการเกิดสีน้ำตาลได้ แสดงเห็นว่าในวันที่ 90 มีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และกิจกรรมเปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่น้อยมีผลทำให้ค่าสี L ในวันที่ 90 เปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved