บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมะละกอ

ในการผลิตมะละกอแช่อิ่มอบแห้งนั้นมีความจำเป็นต้องตรวจวัดคุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอกัน โดยมะละกอที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นมะละกอพันธุ์แขกดำ น้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 กิโลกรัม เปลือกมีสีเขียวเข้มปนเหลือง ผิวเรียบ มีระยะการสุกหนึ่งในสี่ จากนั้นนำมะละกอที่ซื้อจากตลาดมาบ่มในกล่องปิดฝาเป็นเวลาประมาณ 12-16 ชั่วโมง บ่มแล้วมีระยะการสุกหนึ่งในสอง ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมะละกอแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของมะละกอ

	ค่าเฉลี่ย[1]±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณความชื้น(%)	87.88 ± 1.31
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	9.77 ± 1.42
ค่าความเป็นกรด (% as citric acid)	0.06 ± 0.02
ค่าความแข็ง (hardness, gf)	103.84 ± 16.90
ค่าสีของเนื้อมะละกอ	
L*	55.69 ± 0.58
a*	20.58 ± 0.94
b*	34.25 ± 0.81

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ผลจากการวิเคราะห์พบว่า มะละกอมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงประมาณ 86-89% ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 8-11 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดประมาณ 0.04-0.08% ซึ่งสมบัติทางกายภาพและเคมีของมะละกอมีค่าใกล้เคียงกับคุณภาพมะละกอสำหรับการออสโมซิส ซึ่งรายงานโดย อาพร ละออกอ (2547) โดยในงานวิจัยนี้เลือกเกณฑ์จากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 8-11 องศาบริกซ์ และค่าความแข็งในช่วง 85-120 gf ในการพิจารณาเลือกมะละกอเป็นวัตถุดิบในการทดลองแต่ละครั้ง

4.2 ศึกษาการซึมเข้าของแคลเซียมคลอไรด์ในเนื้อมะละกอช่วงการแช่สารละลายผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (pretreatment)

ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นระดับต่างๆและเวลาที่แช่ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของมะละกอ โดยนำมะละกอมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5x1.5x3.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร แช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดซิตริก 1.0% (w/v) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (w/v) และแปรแคลเซียมคลอไรด์เป็น 4 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% (w/v) ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.2

4.2.1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

นำมะละกอที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 1 ถึง 10 วัน มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสทุกวัน โดยใช้เครื่อง Instron's universal testing machines หัวกด Puncture probe ขนาด 3 มิลลิเมตร ผลของค่าความแข็ง (hardness) ของเนื้อมะละกอ แสดงดังตารางที่ 4.2 เมื่อนำผลของค่าความแข็งมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่มะละกอ ส่งผลให้ค่าความแข็งของมะละกอมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของเนื้อมะละกอเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของเนื้อมะละกอเพิ่มขึ้นด้วย และนอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 1) ซึ่งผลการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% (w/v) ให้ค่าความแข็งสูงกว่าที่ความเข้มข้นอื่นๆ แต่ระยะเวลาในการแช่ตั้งแต่วันที่ 5 เป็นต้นไป ไม่พบความแตกต่างของค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

มะละกอที่แช่ในสารละลายผสมที่ไม่มีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าเนื้อสัมผัสมีค่าความแข็งค่อนข้างใกล้เคียงกัน ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 10 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 – 30 gf ในขณะที่ภาวะการแช่ที่มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลา 1 – 5 วันแรก จากนั้นค่าความแข็งจะเริ่มคงที่ นอกจากนี้พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ค่าความแข็งของมะละกอจะสูงขึ้นอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะละกอดีขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของเซลล์ในมะละกอมีสารประกอบพวกเพกทิน (pectin) เมื่อมะละกอแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียม จะเกิดการแทรกซึมของแคลเซียมอิออนเข้าไปในมะละกอ และไปจับกับโมเลกุลของเพกทินที่ถูกดึงหมู่เมทธิลออกแล้ว ได้เป็นสารประกอบแคลเซียมเพกเทตทำให้มะละกอคงรูปอยู่ได้ (Bourne, 1976)

ตารางที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าความแข็ง (gf) ของมะละกอในช่วงการ pretreatment

$CaCl_2$ (%)	Hardness (gf)									
	ระยะการแช่ (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	25.43^{m}±0.98	23.97^{m}±0.28	25.84^{m}±0.35	27.02^{m}±1.12	29.77^{m}±1.31	27.03^{m}±0.89	27.01^{m}±0.07	27.12^{m}±3.01	26.93^{m}±1.23	26.91^{m}±0.21
0.5	119.91^{l}±14.69	188.03^{k}±4.55	237.77^{hij}±15.79	240.43^{hi}±11.79	241.89^{hi}±0.56	260.73^{fg}±3.37	265.70^{efg}±0.59	268.00^{efg}±2.90	271.66^{ef}±8.90	282.59^{de}±0.26
1.0	222.94^{j}±0.06	235.47^{ij}±10.30	253.65^{gh}±0.24	276.29^{ef}±14.73	298.66^{cd}±14.58	295.78^{cd}±8.41	296.78^{cd}±1.92	293.18^{cd}±15.01	297.71^{cd}±13.86	299.07^{cd}±5.67
1.5	303.93^{c}±3.38	335.52^{b}±6.52	336.61^{b}±21.99	345.64^{ab}±3.83	358.91^{a}±2.14	361.50^{a}±2.13	358.41^{a}±4.69	357.82^{a}±3.87	360.19^{a}±2.12	357.33^{a}±3.17

a,b,c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันมีค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าในเนื้อมะละกอ

วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าในเนื้อมะละกอโดยอาศัยหลักการ atomic absorption spectrophotometry ผลของการซึมเข้าของปริมาณแคลเซียมแสดงดังตารางที่ 4.3

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในเนื้อมะละกอทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่า ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่มะละกอ ส่งผลให้ค่าปริมาณแคลเซียมของมะละกอมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 1) ซึ่งผลการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% (w/v) ให้ค่าปริมาณแคลเซียมสูงกว่าที่ความเข้มข้นอื่นๆ แต่ระยะเวลาในการแช่ช่วงวันที่ 4-8 ไม่พบความแตกต่างของค่าปริมาณแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นจึงเลือกภาวะในการแช่มะละกอช่วงการ pretreatment โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% (w/v) และแช่เป็นเวลา 5 วัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและสารเคมีในการแช่ โดยการเลือกใช้ภาวะดังกล่าวในการแช่ ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาพร ละออกอ (2547) ที่ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะละกอแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าภาวะการแช่ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% (w/v) และระยะเวลาในการแช่ 5 วัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งสูงที่สุดและมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด แต่การใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 2.0% ระยะเวลาในการแช่ 4 วัน ทำให้ผู้ทดสอบรับรู้รสขมได้มากที่สุด

4.3 ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับซูโครสที่มีต่อเวลาในการอบแห้งมะละกอ

นำมะละกอที่ผ่านการแช่สารละลายผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (pretreatment) มาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาเข้าสู่กระบวนการออสโมซิสในสารละลายซูโครสอัตราส่วนผลไม้ต่อสารละลายเป็น 1:3 โดยแช่ที่ความเข้มข้น 35, 45, 55 และ 65 องศาบริกซ์ตามลำดับ เวลาในการแช่ความเข้มข้นละ 4 ชั่วโมง และแปรเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 65 องศาบริกซ์ เป็น 2 ระดับ คือ 0% และ 10% (v/v) ตามลำดับ จากนั้นนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกิน 18% (w.b) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับปริมาณความชื้น (dry basis) ของผลิตภัณฑ์ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับค่า water activity (a_w) แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

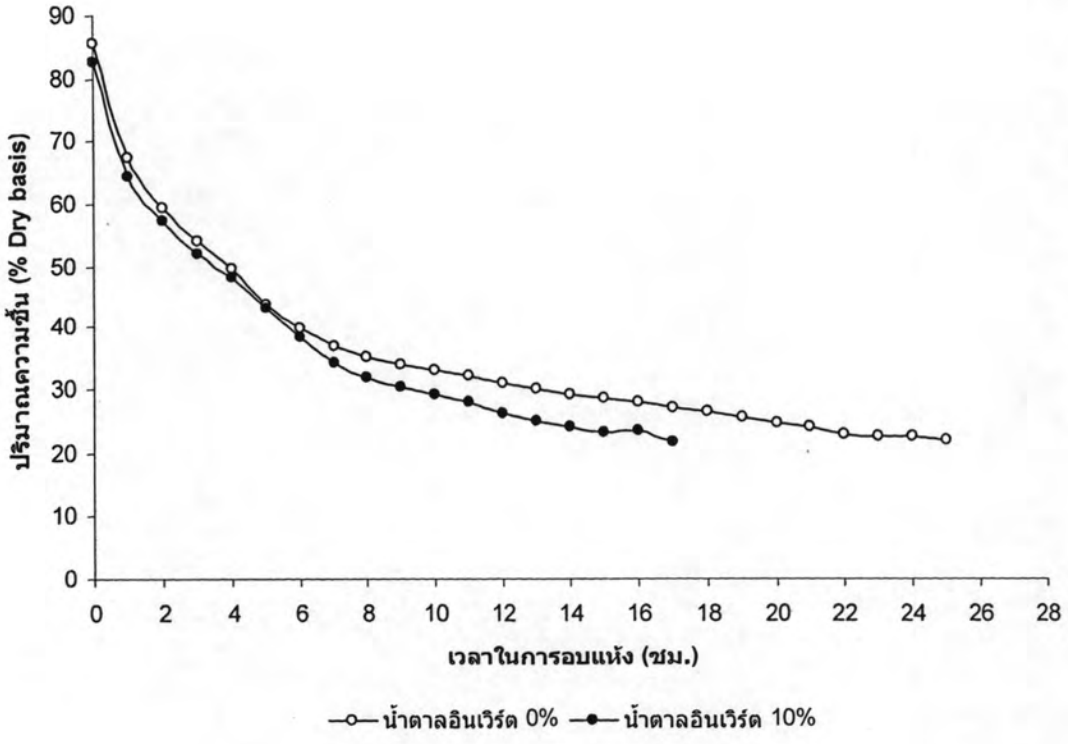
ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าในเนื้อมะละกอที่แช่ในสารละลายผสมเป็นระยะเวลาต่างกัน

$CaCl_2$ (%)	ปริมาณแคลเซียม (ppm)									
	ระยะการแช่ (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13	7.39^{n}±0.13
0.5	10.00^{lmn}±0.18	10.95^{jklm}±0.71	11.10^{jklm}±0.46	10.27^{lmn}±0.69	10.48^{klm}±0.79	9.70^{mn}±0.99	15.48^{efgh}±3.79	18.40^{bcd}±1.44	24.50^{a}±0.38	27.27^{de}±1.24
1.0	16.37^{cdef}±0.66	17.62^{bcde}±0.50	18.20^{bcde}±0.24	18.04^{bcde}±0.00	18.86^{cdbc}±0.11	17.23^{cdef}±0.86	24.72^{a}±2.28	25.36^{a}±0.96	23.32^{a}±1.27	20.15^{b}±0.00
1.5	13.45^{ghij}±2.61	12.69^{ijkl}±0.57	13.15^{hijk}±1.03	23.80^{a}±1.06	23.90^{a}±1.41	24.52^{a}±1.99	24.12^{a}±1.48	25.11^{a}±2.93	16.01^{defg}±0.70	14.71^{fghi}±0.08

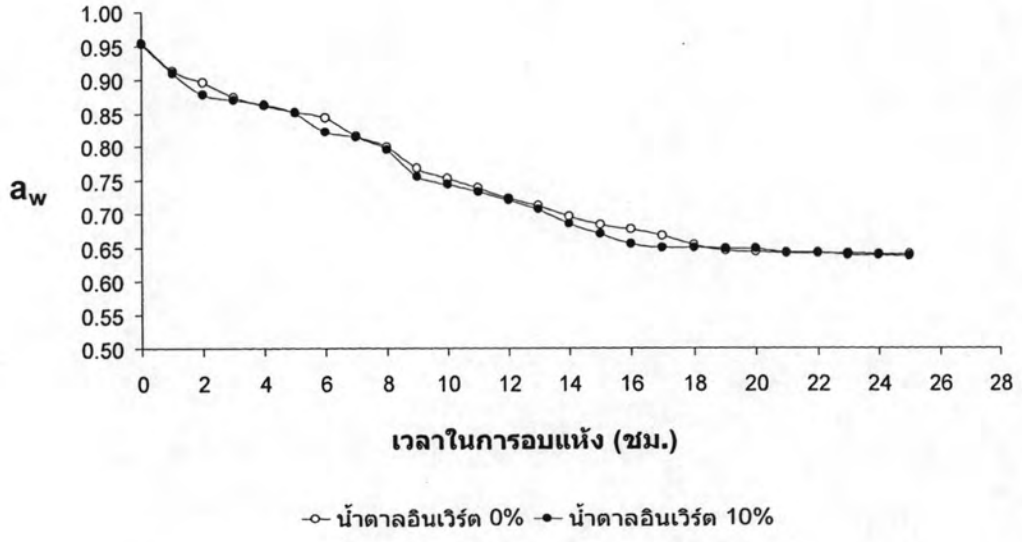
a,b,c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันมีค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับปริมาณความชื้น (dry basis) ของผลิตภัณฑ์ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับค่า a_w แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าตัวอย่างมะละกอที่ผ่านการออสโมซิสโดยไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะใช้เวลาในการอบแห้งจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกิน 18%(w.b) เท่ากับ 25 ชั่วโมงและมีค่า a_w เท่ากับ 0.640 ส่วนตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% จะใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 17 ชั่วโมงและมีค่า a_w เท่ากับ 0.638 การที่ตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่า อาจเนื่องมาจากการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตในขั้นตอนการออสโมซิส ทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงก่อนที่จะนำมาอบแห้ง นอกจากนี้การที่น้ำตาลอินเวิร์ตเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจึงสามารถซึมเข้าในเนื้อผลไม้และกำจัดน้ำออกจากเซลล์ผลไม้ได้มากกว่าน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ โดยผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bolin และคณะ (1983) ที่ศึกษาผลของการใช้สารละลายชนิดต่างๆในกระบวนการออสโมซิสแอปเปิ้ล ซึ่งสารละลายที่นำมาใช้ได้แก่ สารละลายซูโครสความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ และสารละลาย high fructose corn syrup ความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ โดยแช่ชิ้นแอปเปิ้ลหนา 15 มิลลิเมตร ในสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 7 ชั่วโมง พบว่าสารละลาย high fructose corn syrup สามารถซึมผ่านเข้าไปในชิ้นแอปเปิ้ลได้ 13% และสูญเสียปริมาณน้ำในเซลล์ออกไปถึง 70% ส่วนสารละลายซูโครสสามารถซึมผ่านเข้าไปในชิ้นแอปเปิ้ลได้ 8.8% และสูญเสียปริมาณน้ำในเซลล์ออกไป 65%

เมื่อพิจารณาจากราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งและปริมาณความชื้นดังภาพที่ 4.1 พบว่าปริมาณความชื้นของทั้งตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงแรก เนื่องมาจากตัวผลิตภัณฑ์ยังคงมีปริมาณน้ำอิสระที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์อยู่มาก แต่หลังจากใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นปริมาณความชื้นจะลดช้าลงเนื่องจากปริมาณน้ำอิสระ (free water) ในอาหารระเหยออกไปเกือบหมด เหลือแต่น้ำส่วนที่เป็น bound water ซึ่งเป็นน้ำที่จับอยู่กับองค์ประกอบต่างๆภายในอาหาร ทำให้การระเหยของน้ำเป็นไปได้ยากขึ้น อัตราการอบแห้งจึงลดลง (Heldman และ Singh, 2001) ดังจะเห็นได้จากกราฟมีความชันลดลงและเกือบคงที่



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้งกับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่แปรเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวิร์ต 0% และ 10%



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้งกับค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่แปรเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวิร์ต 0% และ 10%

เนื่องจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นของแต่ละตัวอย่างมีค่าไม่เท่ากัน นั่นคือตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 85.6% (d.b.) และตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 82.7% (d.b.) จึงนำข้อมูลการทดลองที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทั้งชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและชุดทดลองที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% มาแสดงในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นและเวลาในการอบแห้ง โดยค่าปริมาณความชื้นสมดุลของแต่ละชุดการทดลองในที่นี้จะใช้ค่าความชื้นสุดท้ายในการอบแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีความชื้นไม่เกิน 18% (w.b) มาใช้ในการคำนวณหาค่า MR ซึ่งสูตรการคำนวณอ้างอิงมาจาก Mandala และคณะ (2005)

$$MR = \frac{M-M_e}{M_o-M_e}$$

MR = อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)

M = ปริมาณความชื้นที่เวลาใด ๆ (โดยน้ำหนักแห้ง)

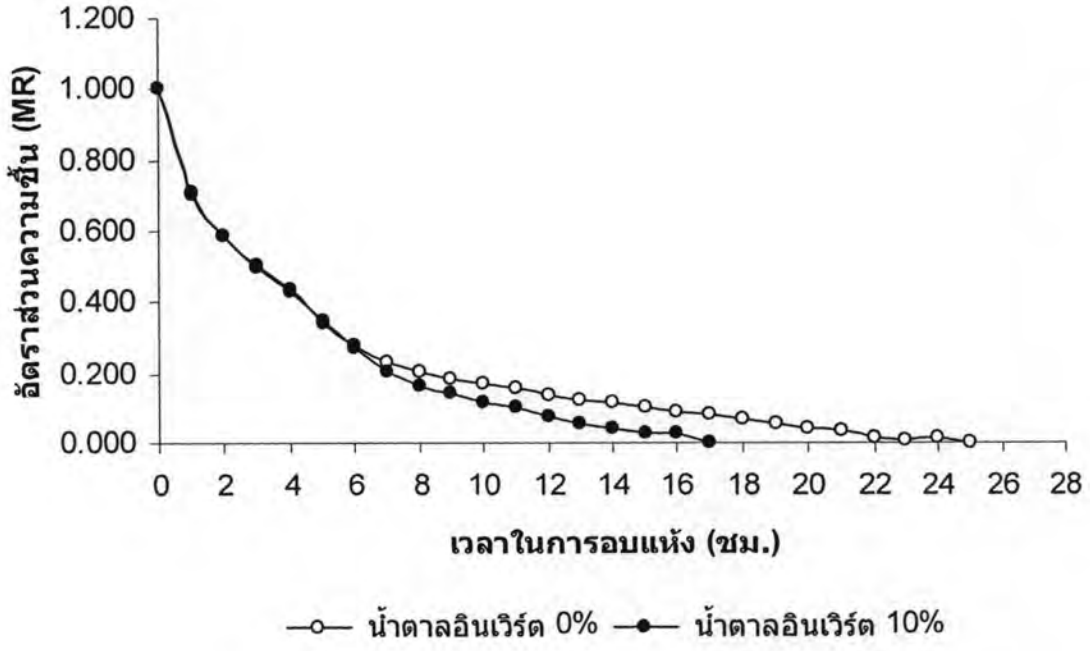
M_o = ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (โดยน้ำหนักแห้ง)

M_e = ปริมาณความชื้นที่สมดุล (โดยน้ำหนักแห้ง)

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง (ดังภาพที่ 4.3) พบว่าทั้งชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและชุดทดลองที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% มีช่วงที่เป็นอัตราการอบแห้งคงที่แค่ช่วงต้นของการอบแห้งและเป็นช่วงที่สั้นมาก (อยู่ที่ประมาณ 4-6 ชั่วโมง) นอกนั้นจะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ดังกล่าวเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำอิสระที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ การที่ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ค่อนข้างสั้น เนื่องมาจากช่วงของการออสโมซิส อาจส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงไปบางส่วนก่อนนำมาทำการอบแห้ง

ในการเลือกจุดที่จะทำการเปลี่ยนจากอุณหภูมิสูงเป็นอุณหภูมิต่ำกว่า จะพิจารณาจากกราฟอัตราส่วนความชื้น(MR) กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วจะได้ระยะเวลาการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 4 ชั่วโมง ทั้งชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและชุดทดลองที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ซึ่งการเลือกใช้ระยะเวลาในการอบแห้งช่วงแรกเท่ากับ 4 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงระยะเวลาที่สามารถดึงน้ำในผลิตภัณฑ์ออกมาได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้นๆ เพราะหากใช้เวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะทำ

ให้น้ำที่อยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยอย่างรวดเร็วเกินไป ทำให้น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวได้ไม่ทันกับการระเหยของน้ำที่ผิวหน้า ในขณะเดียวกันก็จะมีสารละลายของน้ำตาลหรือโปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว ทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งแข็ง (case hardening) และขัดขวางการระเหยออกของน้ำที่อยู่ภายใน ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Boudhrioua และคณะ (2002) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบ พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งทำให้กล้วยอบมีค่าความแข็งเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความแข็งของกล้วยอบเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีค่า 4000, 18000 และ 54000 gf ตามลำดับ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้น้ำระเหยจากผิวผลไม้ในอัตราเร็ว ทำให้มีตัวถูกละลายที่เคลื่อนย้ายจากด้านในออกมาด้านนอกในปริมาณสูง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพที่ซับซ้อนที่ผิว ทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งขึ้น

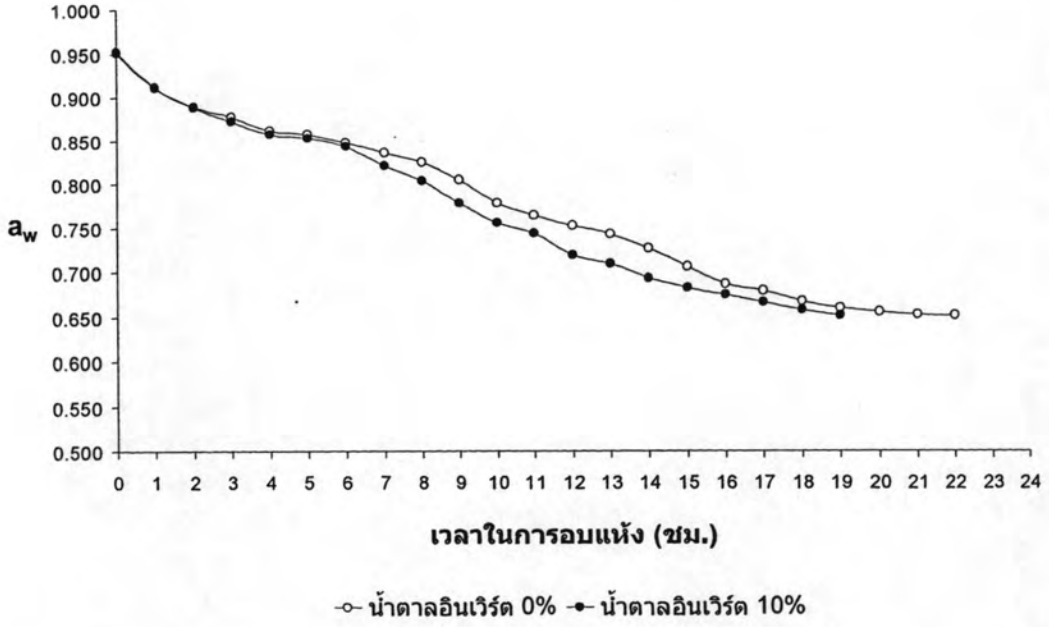


ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งและอัตราส่วนความชื้นของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่แปรเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวิร์ต 0% และ 10%

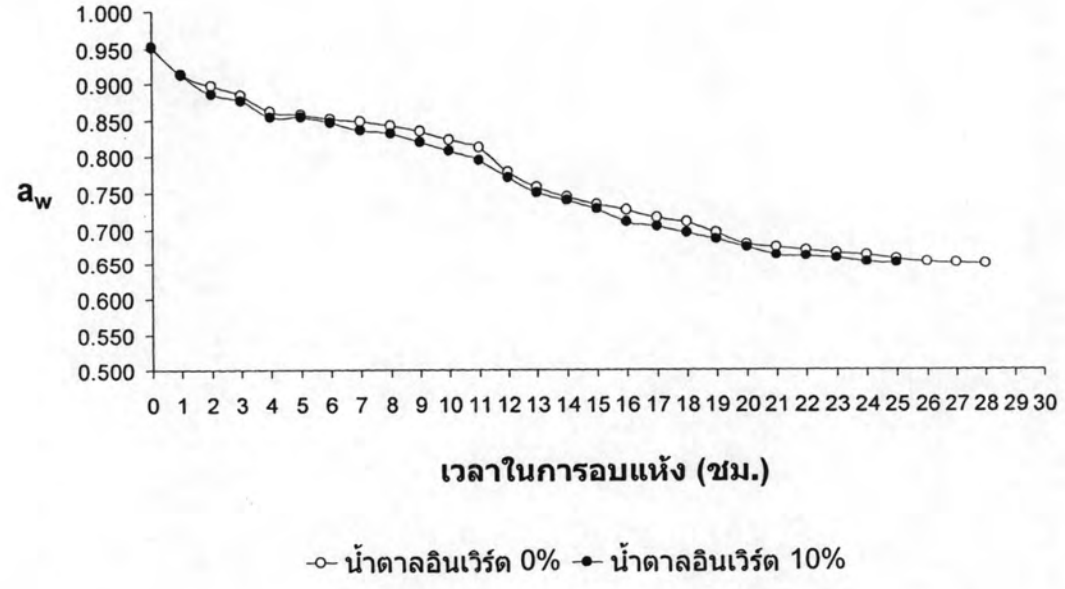
สิริมา สุขพรรณ์ (2541) ศึกษาผลของการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนต่อปริมาณบีตา-แคโรทีนในแครอท โดยแช่แครอทที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำนาน 4 นาที ในสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ความเข้มข้น 1.0% นาน 5 นาที และชุบเคลือบด้วยสารละลาย corn starch ความเข้มข้น 2.5% อบแห้งโดยใช้ลมร้อน โดยระยะเวลาการอบแห้งในช่วงแรกจะนับจากเวลาเริ่มต้นของการอบจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ จากนั้นเมื่อถึงช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะลดอุณหภูมิในการอบแห้งลง 5 องศาเซลเซียส แปรอุณหภูมิในการอบแห้งแบบสองขั้นตอนซึ่งช่วงแรกใช้อุณหภูมิสูงกว่าช่วงหลัง ดังต่อไปนี้ คือ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 55 องศาเซลเซียส , 70 องศาเซลเซียส ตามด้วย 65 องศาเซลเซียส, 80 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้ง 180 นาที ซึ่งนานกว่าการใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ที่ใช้เวลาทั้งหมดในการอบแห้งเท่ากับ 150 และ 110 นาที ตามลำดับ แครอทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสแห้งแข็งกว่าการอบที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60 และ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากการใช้อุณหภูมิเริ่มต้นสูงทำให้ผิวโดยรอบของผลิตภัณฑ์แห้งเพราะน้ำที่ผิวหน้าเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว

4.4 ศึกษาผลของน้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับซูโครสและอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสองระดับแบบต่อเนื่อง

เมื่อได้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส แล้ว ทดลองอบแห้งแบบสองขั้นตอน โดยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงในช่วงแรกและอบในช่วงที่สองต่อโดยแปรอุณหภูมิที่ใช้เป็น 50 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส อบแห้งจนผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ไม่เกิน 0.65 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ จะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5 ซึ่งเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส พบว่าชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต ใช้เวลาในการอบแห้ง 22 ชั่วโมง ส่วนชุดทดลองที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ใช้เวลาในการอบแห้ง 19 ชั่วโมง เพื่อให้มีค่า a_w ไม่เกิน 0.65 ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส พบว่าชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตใช้เวลาในการอบแห้ง 28 ชั่วโมง ส่วนชุดทดลองที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ใช้เวลาในการอบแห้ง 25 ชั่วโมง เพื่อให้มีค่า a_w ไม่เกิน 0.65 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ภาวะการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มี a_w ไม่เกิน 0.65



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

การใช้อุณหภูมิอบแห้งในช่วงที่สองสูงกว่าทำให้สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ เพราะผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศร้อนกับผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่ากรณีที่ใช้อุณหภูมิต่ำ อัตราการถ่ายเทความร้อนจึงมีค่ามากกว่า โดยความร้อนสามารถถ่ายเทจากลมร้อนไปยังผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการระเหยน้ำได้มากกว่า การระเหยน้ำในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (ศิริวัฒ สินประเสริฐ, 2548) ดังนั้นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส จึงใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส ทำให้ประหยัดเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่อิ่มและอบแห้งที่ภาวะแบบต่างๆมีดังต่อไปนี้

แบบที่ 1 ผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 ชั่วโมง

แบบที่ 2 ผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 ชั่วโมง

แบบที่ 3 ผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง

แบบที่ 4 ผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 ชั่วโมง

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าผลิตภัณฑ์ในแต่ละแบบเมื่อผ่านการอบแห้งแล้ว มีปริมาณความชื้นและค่า a_wใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 18% (w.b.) และค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (v/v) มีค่าความแข็งและงานที่ใช้ในการตัดน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) แต่มีค่าความเหนียวมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตลงในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แห้งแข็งและมีความเหนียวนุ่มขึ้น (กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์, 2538) เมื่อเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่าตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10%(v/v) และอบแห้งแบบสองขั้นตอน ให้ค่าเนื้อสัมผัสในด้านความแข็งและค่างานที่ใช้ในการตัดน้อยกว่าในตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10%(v/v) และอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และค่าการเกิดสีน้ำตาลของตัวอย่างที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% พบว่ามีค่ามากกว่าในตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ

($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอนมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและมีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่ามากที่สุด แต่มีค่าการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกับการอบแห้งแบบสองขั้นตอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตจึงสามารถช่วยในเรื่องเนื้อสัมผัสโดยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความอ่อนนุ่มมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต โดยการใช้น้ำตาลอินเวิร์ต 10% (v/v) และอบแห้งแบบสองขั้นตอนสามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัสได้เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการอบแห้งไม่สูง จึงช่วยรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสไม่ให้เกิดลักษณะที่แห้งแข็งบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ได้

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง แต่สามารถคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายที่ใช้แช่ตัวอย่างมะละกอก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการออสโมซิสและอบแห้งได้ (รายละเอียดการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก จ.2) โดยได้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 5,127 ppm แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตมะละกอแช่อิ่มอบแห้งมีขั้นตอนของการต้มตัวอย่างมะละกอในน้ำเดือดเพื่อไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนเข้าสู่การออสโมซิส และขั้นตอนการอบแห้งซึ่งใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงในผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง จากงานวิจัยของ จิราพร กอศรีลบุตร (2549) ศึกษาผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยในขั้นตอนก่อนการออสโมซิสมีการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 %(w/v) และมีการต้มตัวอย่างแคนตาลูปในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที เพื่อไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าหลังจากผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสแล้ว ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 6.90 ppm ซึ่งไม่เกินกำหนดของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งได้ไม่เกิน 1000 ppm

T 94735 683

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ หลังการอบแห้ง

	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
เวลาในการอบแห้ง (ชม.)	24.00^{A}±1.41	16.00^{C}±1.41	19.50^{B}±0.71	25.50^{A}±0.71
ปริมาณความชื้น^{ns} (%)	17.92±0.29	17.64±0.33	17.60±0.01	17.94±0.30
a_w	0.646^{A} ±0.001	0.639^{B}±0.001	0.635^{C}±0.001	0.636^{C}±0.003
ค่าความแข็ง (gf)	2527.07^{A}±294.81	2278.46^{B}±148.06	2262.03^{B}±228.20	2228.24^{B}±130.77
ค่าความเหนียว (gf.mm)	125.19^{B}±9.79	235.85^{A}±14.37	236.26^{A}±13.02	240.62^{A}±14.40
ค่างานที่ใช้ในการตัด (gf.mm)	7329.88^{A}±523.33	5643.36^{B}±289.89	5594.90^{B}±290.49	5461.24^{B}±362.87
ค่าการเกิดสีน้ำตาล	0.004^{B}±0.001	0.011^{A}±0.001	0.012^{A}±0.001	0.012^{A}±0.001
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/100g)	31.99^{C}±0.59	45.53^{A}±0.13	44.51^{B}±0.13	44.19^{B}±0.13

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่อิ่มและอบแห้งที่ภาวะแบบต่าง ๆ ทั้ง 4 แบบ ดังกล่าว จะนำมาศึกษาคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งในขั้นต่อไป

4.5 ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตและการอบแห้งแบบสองขั้นตอนที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร ภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมคุณภาพด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในถุง polypropylene ขนาด 6 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร บรรจุผลิตภัณฑ์จำนวน 6 ชิ้น ต่อถุง และปิดผนึกด้วยความร้อนในภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 18 สัปดาห์ ติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้าน

ปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเหนียว และงานที่ใช้ในการตัด ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* การเกิดสีน้ำตาล ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.5.1 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์

ผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 2) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ และเมื่อเปรียบเทียบในผลิตภัณฑ์แบบเดียวกันที่เก็บรักษาในช่วงเวลาแตกต่างกัน พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เช่นเดียวกัน (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 3) แต่จะสังเกตได้ว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แบบที่ 2, 3และ 4 มีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้น (British Sugar, 2005) จึงช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นออกไปจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของอาพร ละออกอ (2547) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่แปรปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายซูโครส 65 องศาบริกซ์ เป็น 0, 5, 10 และ 15% (v/v) โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5 และ 15% (v/v) ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 สัปดาห์ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (%)			
	แบบที่1^{ns}	แบบที่ 2^{ns}	แบบที่ 3^{ns}	แบบที่ 4^{ns}
0^{ns}	17.92±0.29	17.64±0.33	17.60±0.01	17.94±0.30
6^{ns}	17.73±0.31	17.69±0.28	17.68±0.07	17.84±0.37
12^{ns}	17.66±0.38	17.61±0.18	17.70±0.12	17.99±0.47
18^{ns}	17.54±0.10	17.62±0.08	17.72±0.22	17.85±0.47

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะมีค่า a_w ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 4) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดจับน้ำ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จึงลดลง (British Sugar, 2005) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 5) และเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเป็นเกณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 2, 3 และ 4 มีค่า a_w ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ตารางที่ 4.6 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	a_w			
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	0.646^{aA}±0.001	0.639^{aB}±0.001	0.635^{aC}±0.001	0.636^{aC}±0.003
6^{ns}	0.632^{b}±0.006	0.637^{a}±0.001	0.634^{a}±0.001	0.632^{b}±0.000
12^{ns}	0.626^{bc}±0.001	0.631^{b}±0.001	0.631^{b}±0.000	0.629^{bc}±0.002
18	0.622^{cC}±0.001	0.631^{bA}±0.001	0.630^{bA}±0.001	0.626^{cB}±0.002

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

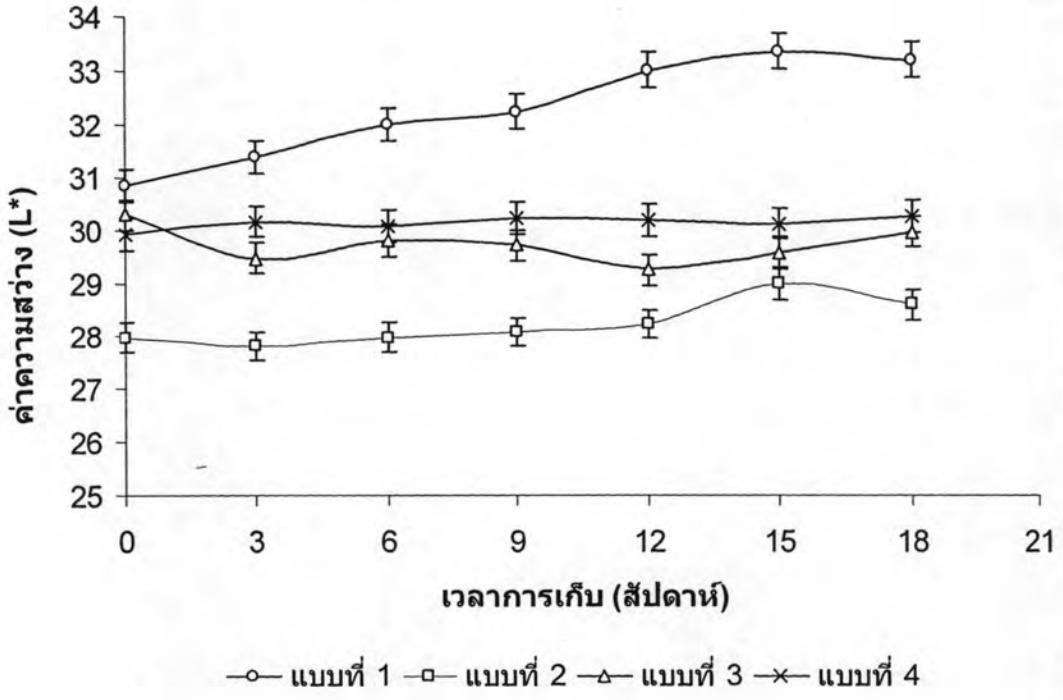
แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

4.5.2 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

เมื่อพิจารณาค่าสีของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ในผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 มีแนวโน้มสูงขึ้น (ภาพที่ 4.6) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการเกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้าเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่เมื่อผ่านการเก็บในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของจิราพร กอศรีลบุตร (2547) ที่ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยแปรปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตเป็น 0, 5 และ 10% (v/v) เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีค่าความสว่างมากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5 และ10% มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน (ผลของค่า L*,a*,b* แสดงดังตารางที่ ค 4 ภาคผนวก ค)

เมื่อนำค่าจากการวัดสีในระบบ CIE L*a*b* มาคำนวณค่า ΔE^* โดยบ่งบอกมาจากความแตกต่างของค่าสีเริ่มต้นที่ 0 สัปดาห์ ซึ่งถ้าค่า ΔE^* มากกว่า 1 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (Hunt, 1998) พบว่าเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นค่า ΔE^* มีค่าสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ โดยผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^* มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 2, 3 และ 4 และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอน พบว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 และ 4 ที่

อบแห้งแบบสองขั้นตอน มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^* ค่อนข้างใกล้เคียงกันและมีค่า ΔE^* น้อยกว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 2 ที่อบแห้งแบบขั้นตอนเดียว สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔE^* อาจเนื่องมาจากการผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งแบบสองขั้นตอนนั้นอุณหภูมิที่ใช้ไม่สูงเท่ากับการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว จึงสามารถรักษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้



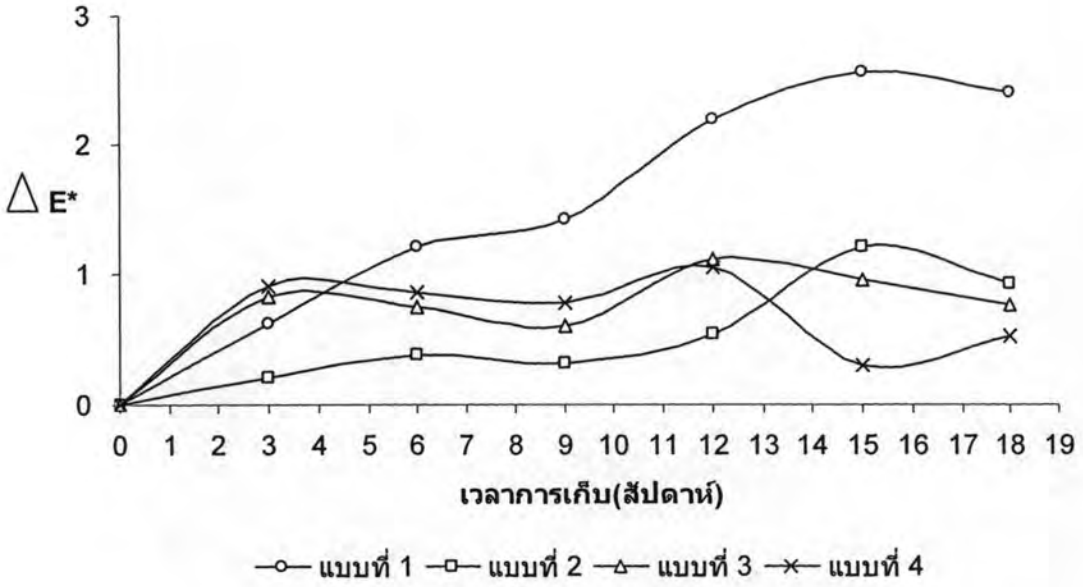
ภาพที่ 4.6 ค่าความสว่าง (L*) ของมะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.7 ค่าความแตกต่าง (ΔE^*) ของค่าสีในมะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

4.5.3 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง คือ การเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในด้านความแข็ง การเติมน้ำตาลอินเวิร์ตสามารถชะลอการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตที่เติมลงไปสามารถดูดความชื้นจากภาวะแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษา จึงลดการรวมตัวกันของโมเลกุลน้ำตาลทำให้ผลึกน้ำตาลเกิดช้าลงและผลิตภัณฑ์ยังคงความชุ่มชื้นไว้ได้ ดังนั้นจึงติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษาโดยการวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (adhesiveness) และค่างานที่ใช้ในการตัด (cutting work) โดยค่าความแข็งจะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงแรงที่ใช้ในการกัดผลิตภัณฑ์ให้ขาดออกจากกัน ส่วนค่าความเหนียวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าความเหนียวติดฟันหรือการเกาะติดฟัน และค่างานที่ใช้ในการตัดคือค่าที่บอกถึงงานที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ ผลการเปลี่ยนแปลง

ของค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.7 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความแข็ง (hardness,gf)			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	2527.07^{aA}±294.81	2278.46^{cB}±148.06	2262.03^{cB}±228.20	2228.24^{cB}±130.77
3	3338.64^{dA}±205.24	2322.05^{cB}±112.58	2295.31^{bcB}±177.31	2257.30^{bcB}±161.23
6	3836.10^{cA}±238.51	2493.74^{bB}±117.00	2303.46^{bcC}±174.58	2278.09^{bcC}±128.47
9	4039.43^{bA}±188.58	2528.14^{bB}±103.89	2354.56^{bcC}±262.92	2321.68^{abcC}±165.39
12	4163.58^{bA}±198.76	2643.51^{aB}±115.65	2397.31^{abC}±193.20	2358.84^{abC}±191.75
15	4371.23^{aA}±293.46	2674.10^{aB}±200.74	2425.30^{abC}±207.87	2365.02^{abC}±163.40
18	4420.69^{aA}±308.80	2683.60^{aB}±204.77	2489.36^{aC}±219.47	2393.26^{aC}±273.71

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.8 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความเหนียว (adhesiveness, gf.mm)			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	125.19^{aB}±9.79	235.85^{dA}±14.37	236.26^{bA}±13.02	240.62^{cA}±14.40
3	127.07^{aB}±6.53	249.05^{cA}±8.92	246.74^{aA}±12.50	245.79^{bcA}±16.80
6	126.65^{aB}±7.93	254.64^{bcA}±15.48	248.66^{aA}±9.45	249.33^{abcA}±13.33
9	125.78^{aC}±5.81	262.51^{abA}±18.14	251.57^{aB}±10.37	254.90^{abB}±14.23
12	126.58^{aC}±9.44	263.31^{abA}±15.28	249.79^{aB}±16.51	253.28^{abB}±14.03
15	128.13^{aC}±10.25	265.74^{aA}±15.38	252.29^{aB}±17.35	257.25^{aAB}±16.89
18	129.01^{aB}±11.47	262.70^{abA}±16.84	253.46^{aA}±17.72	258.39^{aA}±18.29

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.9 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)	ค่างานที่ใช้ในการตัด (cutting work, gf.mm)			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	7329.88^{dA}±523.33	5643.36^{bB}±289.89	5594.90^{cB}±290.49	5461.24^{dB}±362.87
3	8097.16^{cA}±560.63	5789.52^{aB}±237.86	5628.79^{cB}±294.03	5565.82^{cdB}±345.01
6	8324.07^{bA}±425.70	5809.05^{aB}±187.09	5700.06^{bcB}±265.90	5696.92^{bcB}±160.67
9	8567.81^{abA}±262.82	5825.71^{aB}±103.23	5748.20^{abcB}±118.63	5782.47^{abB}±183.61
12	8635.09^{aA}±210.64	5846.51^{aB}±117.46	5805.79^{abB}±109.61	5817.52^{abB}±142.65
15	8701.64^{aA}±361.12	5886.37^{aB}±199.39	5887.98^{aB}±305.15	5841.30^{abB}±266.62
18	8719.90^{aA}±347.71	5880.23^{aB}±272.85	5878.53^{aB}±265.77	5871.85^{aB}±234.43

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันพบว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 มีค่าความแข็งมากที่สุดโดยค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 6) ส่วนผลิตภัณฑ์แบบที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความแข็งน้อยกว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ โดยจะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดในสัปดาห์ที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะมีค่าความเหนียวสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 7 ถึง ข 10) การที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีความอ่อนนุ่มเนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้น จึงทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แห้งแข็งตลอดระยะเวลาการเก็บ 18 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งแบบสองขั้นตอน เมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บ 18 สัปดาห์ มีค่าความแข็งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความ

แปรปรวน ข 9 และ ข 10) เนื่องจากในการอบแห้งแบบสองขั้นตอน มีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งไม่สูงนัก จึงสามารถช่วยรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสไม่ให้เกิดลักษณะที่แห้งแข็งได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 4 มีค่าความแข็งในสัปดาห์ที่ 18 เท่ากับ 2393.26 gf ซึ่งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะสอดคล้องกับค่างานที่ใช้ในการตัด ดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าค่างานที่ใช้ในการตัดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่าค่างานที่ใช้ในการตัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 8 ถึง ข 10)

4.5.4 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่สำคัญ คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งแบบอาศัยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และไม่อาศัยเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) โดยปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบอาศัยเอนไซม์จะเกิดกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ถูกทำลายจากการปอกเปลือกหรือการหั่นเป็นชิ้น และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้คือเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) แต่เนื่องจากในการทดลองมีการนำชิ้นผลไม้ไปต้มในน้ำเดือดเพื่อไล่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จึงอาจทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ถูกทำลายไป ดังนั้นในช่วงของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้คือปฏิกิริยา lycopene oxidation และปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งมีค่า a_w ในช่วง 0.5-0.7 ซึ่งเป็นช่วงที่ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดได้ดี (Forni และคณะ, 1997) ผลของปฏิกิริยาทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มหรือคล้ำขึ้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงติดตามการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์โดยการสกัดตัวอย่างด้วยกรดอะซีติก จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm (ดัดแปลงจากวิธีของ Baloch และคณะ,1973) ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการเกิดสีน้ำตาล แสดงดังตารางที่ 4.10 (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 11 และ ข 12)

ตารางที่ 4.10 ค่าการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	0.004^{gB}±0.001	0.011^{fA}±0.001	0.012^{gA}±0.001	0.012^{fA}±0.001
3	0.006^{fC}±0.001	0.013^{fB}±0.001	0.015^{fA}±0.001	0.014^{eAB}±0.001
6	0.008^{eD}±0.001	0.016^{eC}±0.001	0.017^{eB}±0.001	0.018^{dA}±0.001
9	0.012^{dC}±0.001	0.025^{dA}±0.001	0.023^{dB}±0.001	0.024^{cAB}±0.001
12	0.016^{cC}±0.001	0.027^{cA}±0.001	0.025^{cB}±0.001	0.025^{cB}±0.002
15	0.019^{bB}±0.002	0.031^{bA}±0.003	0.030^{bA}±0.002	0.031^{bA}±0.002
18	0.025^{aC}±0.002	0.043^{aA}±0.003	0.039^{aB}±0.002	0.041^{aAB}±0.003

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ผลของการวัดการเกิดสีน้ำตาล โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นในมะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดจากสารประกอบคาร์บอนิล (น้ำตาลรีดิวซ์) ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของโปรตีนในมะละกอและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สีน้ำตาล ผลที่ได้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Silveira และคณะ (1996) ที่ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 25 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นคือ 0.008 เป็น 0.014 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน และเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นด้วย โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น 0.046 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

4.5.5 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 13 และ ข 14) ผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต และเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ซึ่งการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สามารถอธิบายได้ว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนของโปรตีนมีผลทำให้น้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Silveira และคณะ (1996) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 4 เดือน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงจากเริ่มต้นคือ 35.48% เป็น 34.58% ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/100g ของมะละกออบแห้ง)			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	31.99^{aC}±0.59	45.53^{aA}±0.13	44.51^{aB}±0.13	44.19^{aB}±0.13
3	31.47^{bD}±0.18	44.64^{bA}±0.15	43.53^{bB}±0.13	42.88^{bC}±0.25
6	31.00^{bD}±0.15	43.70^{cA}±0.15	42.78^{cB}±0.00	41.94^{cC}±0.15
9	30.06^{cD}±0.09	42.95^{dA}±0.36	41.94^{dB}±0.09	41.35^{dC}±0.03
12	29.19^{dD}±0.12	41.71^{eA}±0.12	41.28^{eB}±0.12	40.83^{eC}±0.03
15	28.53^{eB}±0.12	39.98^{fA}±0.39	36.64^{fA}±0.27	40.02^{fA}±0.27
18	24.27^{fC}±0.12	39.44^{gA}±0.66	38.46^{gB}±0.36	38.55^{gB}±0.00

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

4.5.6 ผลของเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาอาจมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินการยอมรับในผลิตภัณฑ์ โดยในการทดสอบจะให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏ โดยทดสอบการยอมรับแบบ acceptance test (9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุด และ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด) แบบทดสอบตามภาคผนวก ค ทดสอบทั้งหมด 2 ซ้ำ

ในการประเมินทางด้านสี ที่สัปดาห์เริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส แต่คะแนนการยอมรับด้านสีของสองผลิตภัณฑ์นี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองยังคงได้รับการยอมรับ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ในชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว และที่สัปดาห์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งแบบสองขั้นตอนยังคงได้คะแนนการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 15 ถึง ข 19)

ตารางที่ 4.12 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของมะละกอแช่อิ่มอบแห้งในด้านสีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านสี			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	5.33^{aD}±0.67	6.08^{aC}±0.96	6.57^{aA}±1.01	6.38^{aA}±0.70
12	3.78^{bB}±0.64	5.43^{bA}±0.57	5.70^{bA}±0.68	5.65^{bA}±0.81
18	3.58^{bC}±0.58	5.03^{cB}±0.35	5.57^{bA}±0.61	5.47^{bA}±0.80

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ในการประเมินทางด้านลักษณะปรากฏที่สัปดาห์เริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส แต่คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของสองผลิตภัณฑ์นี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 15 ถึง ข 19) และเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองยังคงได้รับการยอมรับ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ในชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว และที่สัปดาห์สุดท้ายผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด

ตารางที่ 4.13 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของมะละกอแช่อิ่มอบแห้งในด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านลักษณะปรากฏ			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	5.45^{aB}±0.62	6.20^{aA}±0.95	6.48^{aA}±0.99	6.42^{aA}±0.70
12	3.93^{bC}±0.92	5.20^{bB}±0.81	5.88^{bA}±1.04	5.75^{bA}±0.75
18	3.80^{bC}±0.92	5.15^{bB}±0.89	5.53^{cA}±0.97	5.62^{bA}±0.67

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

ในการประเมินทางด้านการยอมรับโดยรวม ที่สัปดาห์เริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส แต่คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของสองผลิตภัณฑ์นี้มีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ข 15 ถึง ข 19) และเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองยังคงได้รับการยอมรับ ยกเว้น

ผลิตภัณฑ์ในชุดทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตและอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว และที่สัปดาห์สุดท้ายผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 4.14 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของมะละกอแช่อิ่มอบแห้งในด้านการยอมรับโดยรวมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านการยอมรับโดยรวม			
	แบบที่1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
0	5.37^{aB}±0.43	6.33^{aA}±0.93	6.58^{aA}±0.94	6.50^{aA}±0.62
12	3.85^{bC}±0.74	5.12^{bB}±0.81	5.68^{bA}±0.83	5.52^{bA}±0.65
18	3.48^{cC}±0.60	5.10^{bB}±0.77	5.53^{bA}±0.90	5.42^{bA}±0.71

A,B,C..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส

จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตนั้นได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีการเกิดผลึกน้ำตาลขึ้นบนผิวหน้า ส่งผลให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ลดลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้วิธีที่ใช้ในการอบแห้งสองขั้นตอนก็ได้รับคะแนนการยอมรับที่สูงกว่าการอบแห้งขั้นตอนเดียว โดยการอบแห้งแบบสองขั้นตอนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส เป็นวิธีการที่ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งแบบสองขั้นตอนสามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านสี และลักษณะปรากฏ ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

4.5.7 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์

การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์จะเกิดเร็วกว่าปฏิกิริยาจากเอนไซม์หรือปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (อาพร ละออกอ, 2547) ซึ่งผลการตรวจหา

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดยีสต์และราพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลอง มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 300 CFU/g และไม่พบปริมาณยีสต์และรา ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 เชื้อจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งตามข้อกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง กำหนดให้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดได้ไม่เกิน 10,000 CFU/g และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 CFU/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งในสัปดาห์แรกและสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้งในสัปดาห์แรกและสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ผลิตภัณฑ์ (แบบที่)	ซ้ำที่	จำนวนโคโลนีที่นับได้			
			ระดับความเจือจาง			
			1:10	1:100	1:1000	ผลการตรวจนับ (cfu/g)
0	1	1	29	2	0	<300
		2	31	1	0	<300
	2	1	38	1	0	<300
		2	32	1	0	<300
	3	1	46	2	0	<300
		2	50	2	0	<300
	4	1	43	1	0	<300
		2	41	1	0	<300
18	1	1	49	1	0	<300
		2	45	1	0	<300
	2	1	47	2	0	<300
		2	52	1	0	<300
	3	1	59	2	0	<300
		2	64	2	0	<300
	4	1	61	1	0	<300
		2	67	2	0	<300

แบบที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

แบบที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 50 องศาเซลเซียส

แบบที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์มะละกอที่เติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามด้วย 40 องศาเซลเซียส