บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1.ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของขนุน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของขนุนดิบพันธุ์ทองประเสริฐ อายุประมาณ 100-120 วัน ผลการทดลองแสดง ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 องค์ประกอบทางเคมีของขนุนดิบพันธุ์ทองประเสริฐ อายุประมาณ 100-120 วัน

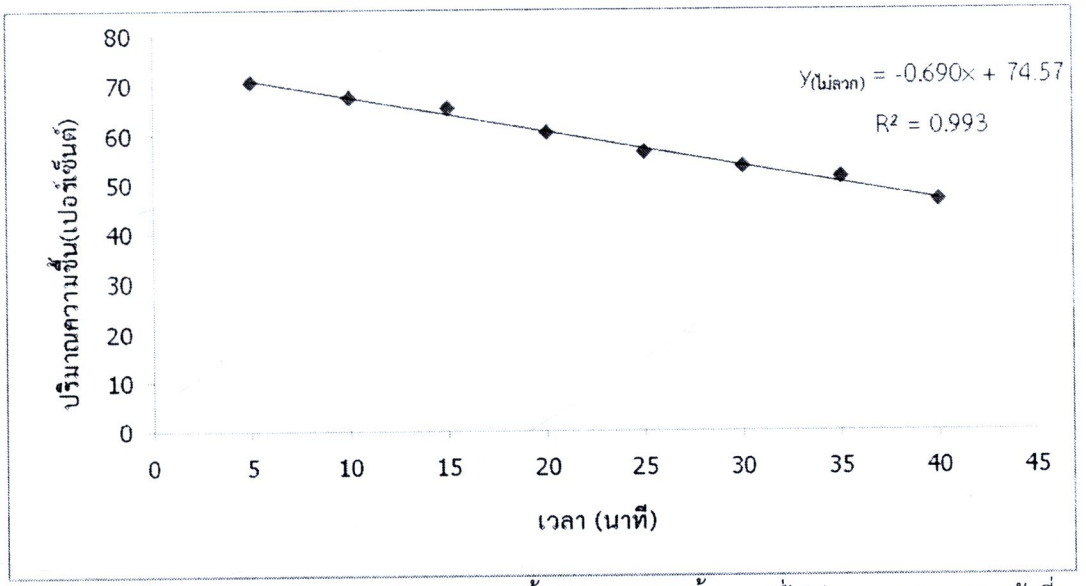
องค์ประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ความชื้น	73.36 ± 0.09
โปรตีน	2.48 ± 0.06
ไขมัน	0.61 ± 0.00
เถ้า	1.00 ± 0.00
คาร์โบไฮเดรต	18.85 ± 0.07
เส้นใยหยาบ	2.21 ± 0.04

จากตารางที่ 4-1 พบว่าขนุนดิบที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมีที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baliga และคณะ (2011) ซึ่งรายงานว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยหยาบ เท่ากับ 76.2 2.0 0.1 9.4 และ 2.6 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าสีของขนุนมีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 75.19 4.41 และ 43.15 ตามลำดับ

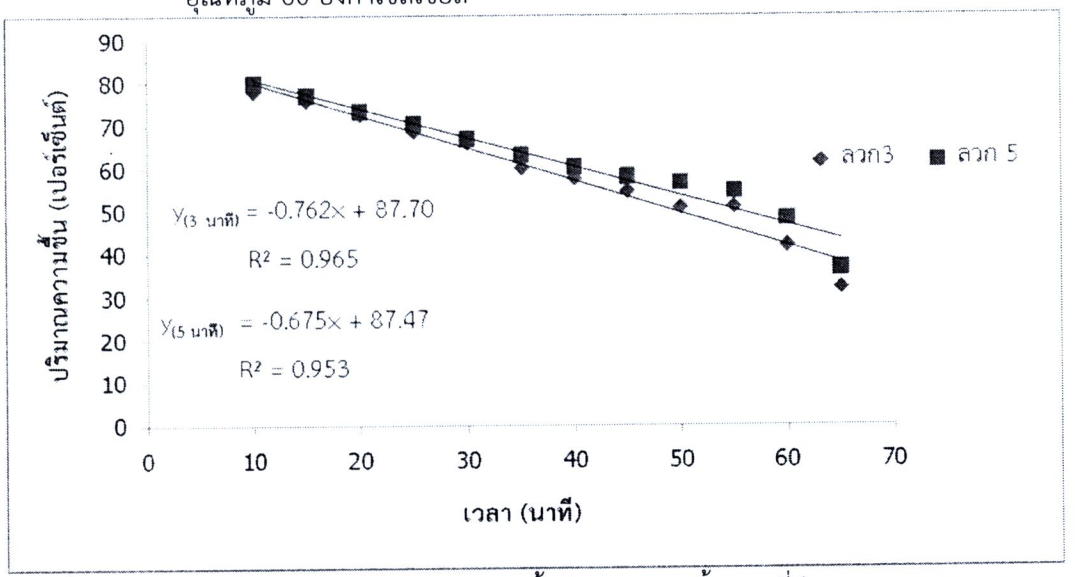
4.2.ผลของการศึกษาการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ

4.2.1 ผลของการทำนายเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (drying curve) เนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก เนื้อขนุนที่ผ่านการลวก 3 นาทีและเนื้อขนุนที่ผ่านการลวก 5 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 4-1a และ 4-1b ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1a ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาของเนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4-1b ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาของเนื้อขนุนที่ผ่านการลวก 3 และ 5 นาทีอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4-1a และ b สามารถหาสมการที่ใช้ในการทำนายเพื่อหาเวลาในการอบแห้งของขนุนที่ไม่ผ่านการลวก ขนุนที่ผ่านการลวก 3 นาที และ 5 นาทีได้ดังนี้ คือ $Y_{(ไม่ลวก)}$ = -0.6906x + 74.572, $Y_{(3\ นาที)}$ = -0.7625x + 87.703 และ $Y_{(5นาที)}$ = -0.6759x + 87.476 ตามลำดับ และสามารถหาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งขนุนที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นเพื่อให้ได้ความชื้นตามกำหนด ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งขนุนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างขนุน	ความชื้นที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (นาที)
ขนุนดิบ	70	6.62
	60	21.10
	50	35.58
ขนุนที่ผ่านการลวก 3 นาที	70	23.22
	60	36.33
	50	49.45
ขนุนที่ผ่านการลวก 5 นาที	70	25.86
	60	40.65
	50	55.45

4.2.2 ผลของการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ

นำเนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก ผ่านการลวก 3 และ 5 นาทีมาทำการลดความชื้นด้วยการอบแห้งตามตารางที่ 4-2 จากนั้นนำมาทอดแบบน้ำมันท่วมด้วยเครื่องทอดควบคุมอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปอบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยกลับด้านทุก 1 ชั่วโมงเพื่อการกำจัดน้ำมันและความชื้นออก ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้าน ค่าสี ค่าความแตกเปราะ อัตราการพองตัว ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ค่าแอกติวิตีของน้ำ ปริมาณน้ำมันที่ดูดซับ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-3 ถึง 4-9

ตารางที่ 4-3 สรุปผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสิ่งทดลองที่แปรปัจจัยของขนุนแผ่นทอดกรอบ การลวกและความชื้นที่เหลืออยู่ก่อนการทอด

ค่าคุณภาพ	ระยะเวลาในการลวก	ปริมาณความชื้นก่อนทอด	การลวก × ปริมาณความชื้น
L*	*	*	*
a*	*	*	*
b*	*	ns	*
ค่าความแตกเปราะ	ns	*	ns
อัตราการพองตัว	*	*	*
ความหนาแน่น	*	*	*
แอกติวิตีของน้ำ	*	ns	*
ปริมาณความชื้น	ns	ns	ns
ปริมาณน้ำมัน	*	*	*
ปริมาณน้ำมันที่ลดลง	*	*	*
ลักษณะปรากฏ	*	ns	ns
สี	*	ns	*
เนื้อสัมผัส	ns	ns	*
ความกรอบ	*	ns	*
กลิ่นรส	ns	ns	*
รสชาติ	*	*	*
ความชอบโดยรวม	ns	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-4 ค่า L*, a* และ b* ของขนุนทอดกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		ค่าสี		
		L*	a*	b*
เนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก	ความชื้น 70 %	72.66 ± 0.77^{a}	3.15 ± 0.54^{e}	48.81 ± 1.45^{abc}
	ความชื้น 60 %	66.34 ± 2.18^{b}	4.04 ± 1.14^{de}	43.34 ± 0.29^{d}
	ความชื้น 50 %	60.48 ± 0.12^{cd}	11.70 ± 0.76^{a}	46.53 ± 1.18^{c}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 3 นาที	ความชื้น 70 %	59.98 ± 1.49^{cde}	3.92 ± 1.72^{de}	48.63 ± 1.38^{abc}
	ความชื้น 60 %	56.48 ± 0.38^{f}	7.62 ± 1.62^{bc}	47.83 ± 1.41^{bc}
	ความชื้น 50 %	61.54 ± 0.28^{c}	3.60 ± 0.66^{de}	51.38 ± 0.67^{a}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 5 นาที	ความชื้น 70 %	58.58 ± 1.13^{def}	5.72 ± 0.92^{cd}	47.43 ± 1.49^{bc}
	ความชื้น 60 %	51.40 ± 1.36^{g}	2.84 ± 1.58^{e}	50.25 ± 0.96^{ab}
	ความชื้น 50 %	57.43 ± 1.30^{ef}	7.99 ± 0.64^{b}	46.69 ± 1.96^{c}

^{a,b,c,d,e,f,g} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นของขนุนก่อนทอดมีผลต่อค่าสี L* a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

โดยเมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ไม่ผ่านการลวกและความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์มีค่าความสว่าง (L*) แตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงที่สุด คือ 72.66 และผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 และ 5 นาที มีแนวโน้มค่าความสว่าง (L*) ไปในทิศทางเดียวกันต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการลวก เนื่องจากการลวกส่งผลให้โครงสร้างเนื้อเยื่อขนุนเสียสภาพ เช่น เพคติน หรือ โปรตีนเกิดการเปลี่ยนรูปไป ส่งผลให้การหักเหแสงที่มากระทบกับผิวตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งการลวกยังทำให้ต้องใช้เวลาในการทอดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) น้อยลง

สำหรับค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ไม่ผ่านการลวก ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าความเป็นสีแดง (a*) แตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงที่สุด คือ 11.70 เนื่องจากในอาหารที่มีน้ำน้อยเมื่อทอดจะเกิดการระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว จึงอาจเกิดการไหม้เร็วขึ้น ค่าความเป็นสีแดงจึงสูงขึ้น (อรนุช สีหามาลา, 2545) นอกจากนั้นขนุนยังมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลรีดิวซิ่งปริมาณมาก จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากันกับกรดอะมิโนและเปปไทด์ทำให้มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ (Irwandi et al., 1998) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปรย เสาวลักษณ์ และธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2551) ศึกษากรรมวิธีก่อนการทอดเห็ดนางฟ้า พบว่าตัวอย่างหลังทอดมีสีออกไปทางสีเหลืองน้ำตาล เนื่องมาจากเห็ดนางฟ้าที่นำมาทอดนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ซิงปริมาณมาก ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ non-enzyme browning

และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาที ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 51.38 เนื่องจากการลวกช่วยกำจัดอากาศออกจากเซลล์ รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการลวกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ ทำให้ค่าความยาวคลื่นของแสงสะท้อนเปลี่ยนไป นอกจากนั้น การลวกยังช่วยทำลายเอนไซม์ PPO ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผักผลไม้เกิดสีน้ำตาล เมื่อเอนไซม์ถูกทำลายขนุนจึงยังคงสามารถรักษาความเป็นสีเหลืองเอาไว้ได้ (วิไล รังสาดทอง, 2543) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพรนภา น้อยพันธ์ (2553) ศึกษาการลวกต่อคุณภาพของกล้วยน้าว้าอบแห้ง พบว่า การลวกสามารถช่วยรักษาค่าความเป็นสีเหลืองของกล้วยน้ำว้าไว้ได้

ตารางที่ 4-5 ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่สภาวะการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) (นิวตัน)
เนื้อขนุนไม่ผ่านการลวก	ความชื้น 70 %	510.57 ± 100.31^{b}
	ความชื้น 60 %	577.73 ± 47.47^{ab}
	ความชื้น 50 %	711.73 ± 32.13^{a}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 3 นาที	ความชื้น 70 %	633.13 ± 43.28^{b}
	ความชื้น 60 %	670.40 ± 18.17^{ab}
	ความชื้น 50 %	706.40 ± 111.20^{a}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 5 นาที	ความชื้น 70 %	629.40 ± 38.73^{b}
	ความชื้น 60 %	682.87 ± 5.14^{ab}
	ความชื้น 50 %	730.20 ± 30.61^{a}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีผลต่อค่าความแตกเปราะของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความแตกเปราะแตกต่างกับผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าน้อยที่สุดในช่วง 510.57 ถึง 633.13 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ รองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์ และคณะ (2546) ศึกษาผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปต่อค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือก พบว่าเมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปทำให้ค่าความแข็งลดลง อาจเนื่องจากช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด โดยเมื่อความชื้นในผลิตภัณฑ์มากทำให้เกิดแรงดันไอน้ำในระหว่างการทอดมากขึ้น จึงทำให้เกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์มากความแข็งจึงลดลง

ตารางที่ 4-6 ค่าอัตราการพองตัว และค่าความหนาแน่นของขนุนทอดกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		ค่าอัตราการพองตัว	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)
เนื้อขนุนที่	ความชื้น 70 %	0.48 ± 0.02^{e}	2.00 ± 0.00^{a}
ไม่ผ่านการ	ความชื้น 60 %	1.03 ± 0.12^{a}	1.00 ± 0.00^{d}
ลวก	ความชื้น 50 %	0.83 ± 0.05^{b}	1.00 ± 0.00^{d}
เนื้อขนุน	ความชื้น 70 %	0.64 ± 0.03^{cd}	1.51 ± 0.01^{b}
ผ่านการ	ความชื้น 60 %	0.97 ± 0.01^{a}	1.02 ± 0.02^{d}
ลวก 3 นาที	ความชื้น 50 %	0.56 ± 0.02^{de}	1.06 ± 0.00^{c}
เนื้อขนุน	ความชื้น 70 %	0.34 ± 0.01^{f}	1.98 ± 0.04^{a}
ผ่านการ	ความชื้น 60 %	0.51 ± 0.00^{e}	1.48 ± 0.01^{b}
ลวก 5 นาที	ความชื้น 50 %	0.72 ± 0.01^{c}	1.08 ± 0.01^{c}

a,b,c,d,e หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่ออัตราการพองตัวและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ

เมื่อพิจารณาค่าอัตราการพองตัว ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ไม่ผ่านการลวกและผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาทีที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์เท่ากันจะมีค่าอัตราการพองตัวแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คืออยู่ในช่วง 0.97 ถึง 1.03 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด และค่าความหนาแน่น พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ไม่ผ่านการลวก ผ่านการลวก 3 และ 5 นาที มีแนวโน้มค่าความหนาแน่นลดลงเมื่อปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์ และคณะ (2546) ศึกษาผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปต่ออัตราการพองตัวและความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือก พบว่า ที่ความชื้นสูงจะผลิตภัณฑ์จะดูดซับน้ำมันได้มากส่งผลให้อัตราการพองตัวลดลงความหนาแน่นจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4-7 ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)^{ns}
เนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก	ความชื้น 70 %	0.44 ± 0.03^{e}	6.95 ± 1.18
	ความชื้น 60 %	0.54 ± 0.04^{bc}	7.42 ± 1.90
	ความชื้น 50 %	0.51 ± 0.03^{bcd}	8.17 ± 1.30
เนื้อขนุนผ่านการลวก 3 นาที	ความชื้น 70 %	0.65 ± 0.02^{a}	7.25 ± 0.57
	ความชื้น 60 %	0.56 ± 0.02^{b}	7.12 ± 0.55
	ความชื้น 50 %	0.48 ± 0.00^{cde}	6.36 ± 1.20
เนื้อขนุนผ่านการลวก 5 นาที	ความชื้น 70 %	0.43 ± 0.00^{e}	4.73 ± 0.41
	ความชื้น 60 %	0.44 ± 0.03^{e}	8.08 ± 0.82
	ความชื้น 50 %	0.45 ± 0.03^{de}	8.18 ± 0.69

^{a,b,c,d,e,f} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าแอกติวิตีของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาจากค่าแอกติวิตีของน้ำมีค่าใกล้เคียงกันสอดคล้องกับปริมาณความชื้นหลังทอด เนื่องจากการอบหลังการทอดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับปสรร ถิรกวิน และจุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ (2551) ที่ศึกษาผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของทุเรียนทอดกรอบ และพบว่าการอบอาหารทันทีหลังจากการทอดทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหารและน้ำมันที่แห้งซึ่งจะเป็นแรงขับ (driving force) ทำให้ไอน้ำที่หลงเหลือภายในชิ้นอาหารถูกพาไปกับลมร้อน ส่งผลให้ความชื้นในอาหารลดลง

ตารางที่ 4-8 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตภัณฑ์ดูดซับไว้ขณะทอด แสดงในรูปปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไขมันที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		ค่าการดูดซับน้ำมัน	
		ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมันที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์)
เนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก	ความชื้น 70 %	18.59 ± 0.11^{d}	5.54 ± 0.56^{e}
	ความชื้น 60 %	13.08 ± 0.16^{h}	33.54 ± 0.81^{a}
	ความชื้น 50 %	13.37 ± 0.01^{h}	32.06 ± 0.05^{a}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 3 นาที	ความชื้น 70 %	15.76 ± 0.09^{e}	19.92 ± 0.46^{d}
	ความชื้น 60 %	19.33 ± 0.03^{c}	1.78 ± 0.15^{f}
	ความชื้น 50 %	14.88 ± 0.02^{f}	24.39 ± 0.10^{c}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 5 นาที	ความชื้น 70 %	22.00 ± 0.15^{a}	-11.76 ± 0.74^{h}
	ความชื้น 60 %	14.01 ± 0.07^{g}	28.84 ± 0.33^{b}
	ความชื้น 50 %	20.27 ± 0.07^{b}	-3.00 ± 0.36^{g}

$^{a-h}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-8 พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นของขนุนก่อนทอดมีอิทธิผลร่วมกันต่อค่าการดูดซับน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาของนุช ผลนาค (2545) ที่พบว่าในกระบวนการทอดปริมาณน้ำมันมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของขนมขบเคี้ยวจากข้าว (fried rice cracker) โดยปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความชื้นจะลดลง และจากงานวิจัยของพัชรี ลิมปิษเฐียร และคณะ (2549) ได้วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแปรรูปทุเรียนเฟรนฟรายพบว่า เมื่อปริมาณความชื้นก่อนทอดทุเรียนลดลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียขณะทอดลดลง จึงมีผลให้การดูดซับน้ำมันลดลงด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sulaeman และคณะ (2549) ศึกษาปริมาณความชื้นของแครอทชนิดแผ่นทอดต่อคุณภาพการอมน้ำมัน โดยรายงานถึงการลดปริมาณความชื้นในแครอทชนิดแผ่นทอดว่า เมื่อปริมาณความชื้นลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบมีผลให้ปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลง

ตารางที่ 4-9 คะแนนความชอบของขนุนทอดกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการเตรียมขั้นต้น		คะแนนความชอบ						
		ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	ความกรอบ	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
เนื้อขนุนที่ไม่ผ่านการลวก	ความชื้น 70 %	6.37 ± 1.64^{a}	6.23 ± 1.26^{a}	5.60 ± 1.85^{cd}	5.30 ± 2.28^{cd}	6.20 ±1.45^{abc}	5.97 ± 1.25^{abc}	6.20±1.38^{bc}
	ความชื้น 60 %	5.43 ± 1.84^{a}	5.33 ± 1.53^{b}	6.17 ± 1.46^{ab}	6.27 ± 1.36^{ab}	6.43 ± 1.43^{a}	6.50 ± 1.54^{a}	6.67 ±1.22^{ab}
	ความชื้น 50 %	5.43 ± 1.76^{a}	5.10 ± 1.74^{b}	5.57 ± 1.96^{bcd}	5.53 ± 1.82^{bcd}	5.87±1.73^{abcd}	6.13 ± 1.52^{ab}	5.83 ± 1.63^{c}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 3 นาที	ความชื้น 70 %	6.50 ± 1.43^{b}	6.57 ± 1.23^{a}	5.87 ± 1.41^{abc}	5.83 ± 1.63^{abc}	5.67 ± 1.22^{cd}	5.40 ± 1.43^{cd}	6.03 ± 1.25^{bc}
	ความชื้น 60 %	5.87 ± 1.50^{b}	6.40 ± 1.54^{a}	4.87 ± 1.38^{d}	4.90 ± 1.56^{d}	5.40 ± 0.99^{d}	5.07 ± 1.39^{d}	5.57 ± 1.31^{c}
	ความชื้น 50 %	6.17 ± 1.32^{b}	6.60 ± 1.36^{a}	6.57 ± 1.23^{a}	6.63 ± 1.22^{a}	6.30 ± 1.04^{ab}	6.33± 1.32^{a}	6.93 ± 1.18^{a}
เนื้อขนุนผ่านการลวก 5 นาที	ความชื้น 70 %	6.27 ± 1.15^{b}	6.60 ± 1.14^{a}	6.17 ± 1.39^{a}	6.53 ± 1.50^{a}	6.13 ±1.12^{abc}	5.97 ± 1.14^{abc}	6.13 ± 1.23^{bc}
	ความชื้น 60 %	6.53 ± 1.18^{b}	6.77 ± 1.15^{a}	6.10 ± 1.54^{ab}	6.13 ± 1.52^{abc}	5.73 ±1.53^{bcd}	5.63 ± 1.40^{bcd}	6.07 ± 1.31^{bc}
	ความชื้น 50 %	6.33 ± 1.25^{b}	6.53 ± 1.33^{a}	6.13 ± 1.67^{ab}	6.30 ± 1.73^{ab}	6.30 ± 1.27^{ab}	6.23 ± 1.45^{ab}	6.63± 1.43^{ab}

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดไม่มีอิทธิพลร่วมกัน และมีเพียงระยะเวลาในการลวกเท่านั้นที่มีผลต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เมื่อพิจารณาจะพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ไม่ผ่านการลวกมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.43 ถึง 6.37 ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่อยู่ในช่วงเฉยถึงชอบเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความสนใจผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการลวกมากกว่าที่ผ่านการลวก

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะสี พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทุกระดับยกเว้นขนุนที่ไม่ผ่านการลวกที่ความชื้น 60 และ 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.23 ถึง 6.57 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาทีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.93 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาที ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงสุด แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีสีเหลืองมาก

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนที่ผ่านการลวก 3 นาทีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์และที่ผ่านการลวก 5 นาทีความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 6.17 ถึง 6.57 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพด้านความกรอบ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 6.53 ถึง 6.63 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีเนื้อสัมผัสและความกรอบปานกลาง

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะกลิ่นรส พบว่าระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการลวกความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุด คือ 6.43 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีกลิ่นรสขนุนที่ติดมาด้วยปานกลาง

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะรสชาติ พบว่าระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนที่ไม่ผ่านการลวกความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์และที่ผ่านการลวก 3 นาทีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย

แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 6.13 ถึง 6.33 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติของขนุนติดมาด้วยปานกลาง

จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่า ระยะเวลาในการลวกและปริมาณความชื้นก่อนการทอดมีอิทธิพลร่วมกันต่อผู้บริโภคในการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาที ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 6.93 ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ดังนั้นผลจากการศึกษาการเตรียมขั้นต้น โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม ค่าการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์หลังการทอด และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ผ่านการลวก 3 นาที ความชื้นก่อนทอด 50 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบในด้านสี เนื้อสัมผัส ความกรอบ และรสชาติเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังมีค่าการดูดซับน้ำมันหลังการทอดน้อย และค่าความเป็นสีเหลือง (b*)สูงสุด จึงเลือกสภาวะในการเตรียมขั้นต้นนี้สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.3 ผลการเตรียมขั้นต้นวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ

จากการแปรเวลาในการออสโมซิสชิ้นขนุนเป็น 4 ระดับ คือ 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง โดยนำชิ้นขนุนที่เตรียมไว้มาแช่ในสารละลายออสโมติก กำหนดอัตราส่วนระหว่างขนุนกับสารละลายออสโมติกเป็น 1:5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นสุ่มตัวอย่างชิ้นขนุนมาวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสาร นำไปอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสารหลังการออสโมซิส

วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ของชิ้นขนุนที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายออสโมติก แสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ของชิ้นขนุนที่เวลาในการออสโมซิสต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง

เวลาการออสโมซิส (ชั่วโมง)	WL (เปอร์เซ็นต์)	WR (เปอร์เซ็นต์)	SG (เปอร์เซ็นต์)
1	$10.09^{b} \pm 1.72$	$5.04^{b} \pm 0.57$	$4.38^{b} \pm 0.84$
2	$10.53^{b} \pm 0.52$	$6.38^{ab} \pm 0.76$	$4.42^{b} \pm 0.56$
3	$15.07^{a} \pm 1.52$	$7.58^{a} \pm 0.75$	$9.81^{a} \pm 0.94$

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

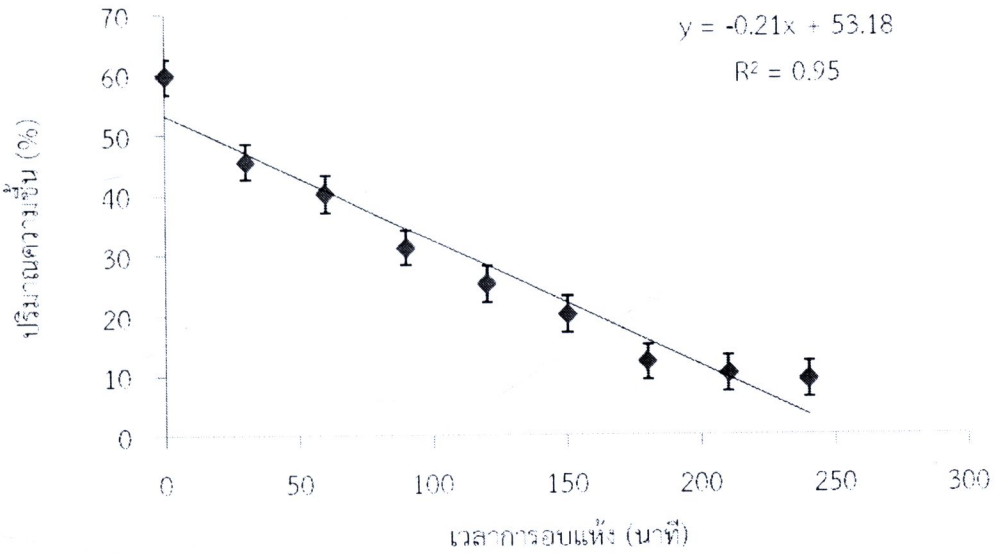
จากตารางที่ 4-10 พบว่าที่เวลาออสโมซิส 1 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) มีค่า 10.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ทำให้มีค่า WL เพิ่มขึ้น โดยที่เวลาออสโมซิส 3 ชั่วโมง มีค่า WL สูงที่สุด คือ 15.07 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในระหว่างการออสโมซิสจะเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสภายในชิ้นขนุนและสารละลายออสโมติกภายนอกทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ช่วยทำให้โอกาสการสัมผัสของชิ้นอาหารกับสารละลายออสโมติกนานขึ้น จึงมีการเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสารได้ (Lerici et al., 1985; Aleksandar et al., 2007) นอกจากนี้ Raoult-Wack et al. (1991), Shi et al. (2009) and Ruiz-Lopez et al. (2010) ได้กล่าวไว้ว่า อัตราการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส จะเกิดขึ้นอย่างมากในช่วงแรกของการออสโมซิส เนื่องจากในช่วงแรกเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างในชิ้นอาหารและสารละลายออสโมติกมาก ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ให้มีการถ่ายเทมวลสาร คือ เกิดการแพร่ของน้ำออกจากชิ้นอาหารไปยังสารละลาย และตัวถูกละลายจากสารละลายแพร่เข้าสู่ชิ้นอาหารได้มาก โดยปกติการถ่ายเทมวลสารของผักผลไม้เกิดขึ้นอย่างมาก และเพิ่มอย่างต่อเนื่องในช่วงประมาณ 3 ชั่วโมงแรกของการออสโมซิส

ค่า WR เป็นค่าที่แสดงถึงน้ำหนักที่ลดลงสุทธิของชิ้นขนุน ซึ่งเป็นผลมาจากการถ่ายเทมวลน้ำที่แพร่ออกจากชิ้นขนุนเป็นสำคัญ แต่จะน้อยกว่าน้ำที่แพร่เข้าไปภายในชิ้นขนุนเล็กน้อย เนื่องจากในการถ่ายเทมวลสารมีการแพร่เข้าของตัวถูกละลายไปในชิ้นขนุนน้อยกว่าปริมาณน้ำที่แพร่ออกจากชิ้นขนุนมาก (Lenart & Flink, 1984) ค่า WR จึงมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับค่า WL โดยพบว่าที่เวลาออสโมซิส 3 ชั่วโมง มีค่า WR สูงที่สุด คือ 7.58 เปอร์เซ็นต์

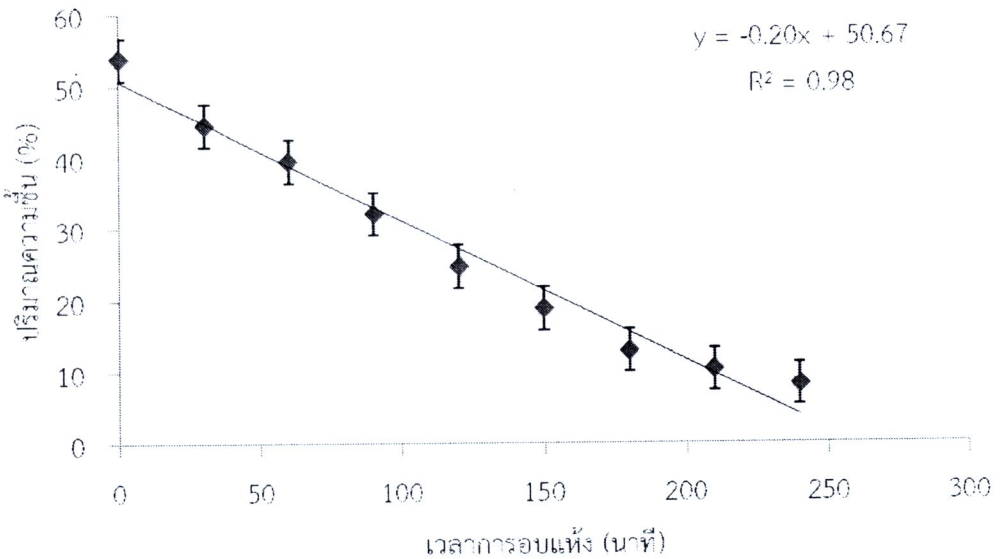
สำหรับค่า SG พบว่า การออสโมซิสเป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ค่า SG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวถูกละลายคือ น้ำตาลและเกลือในสารละลายออสโมติกแพร่เข้าสู่ชิ้นขนุนได้จากแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นขนุนและสารละลายออสโมติก และพบว่าค่า SG มีค่าต่ำกว่าค่า WL เนื่องจากตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติก มีมวลโมเลกุลมากกว่าน้ำ การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในชิ้นขนุนจึงเกิดได้น้อยกว่ามาก ทำให้ภายในชิ้นขนุนมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่แพร่ออกมา (Azoubel and Elizabeth, 2004) และพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า SG เนื่องจากตัวถูกละลายในสารละลาย ออสโมติกแพร่ผ่านเข้าไปในชิ้นขนุน ทำให้ภายในชิ้นขนุนมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มมากขึ้น (Lerici et al., 1985)

4.3.2 ผลการสร้างกราฟและการทำนายเวลาในการทำแห้ง

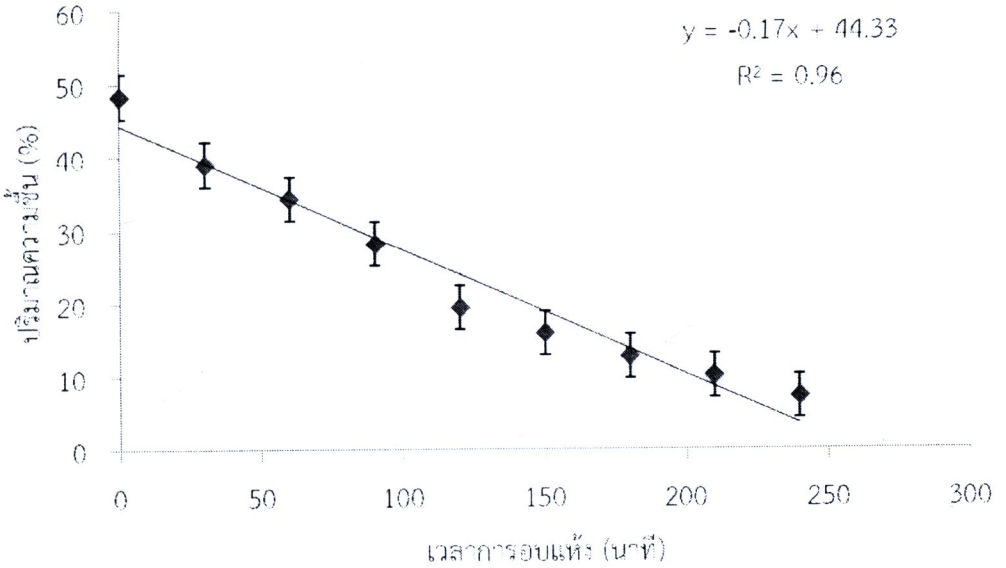
นำชิ้นขนุนที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น โดยอบแห้งแบบต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 HTST stage อบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ขั้นตอนที่ 2 Cooling stage อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และขั้นตอนที่ 3 Air drying stage อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนทำให้ปริมาณความชื้นเหลือ 12±1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อให้สามารถทำนายเวลาการอบแห้งในขั้นตอนที่ 3 นี้ เป็นไปอย่างถูกต้องมากที่สุด จึงสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของชิ้นขนุนหลังการอบแห้งขั้นที่ 2 กับเวลาในการทำแห้ง โดยผลการสร้างกราฟดังกล่าว เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิสเวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 4-2 4-3 4-4 และ 4-5 ตามลำดับ



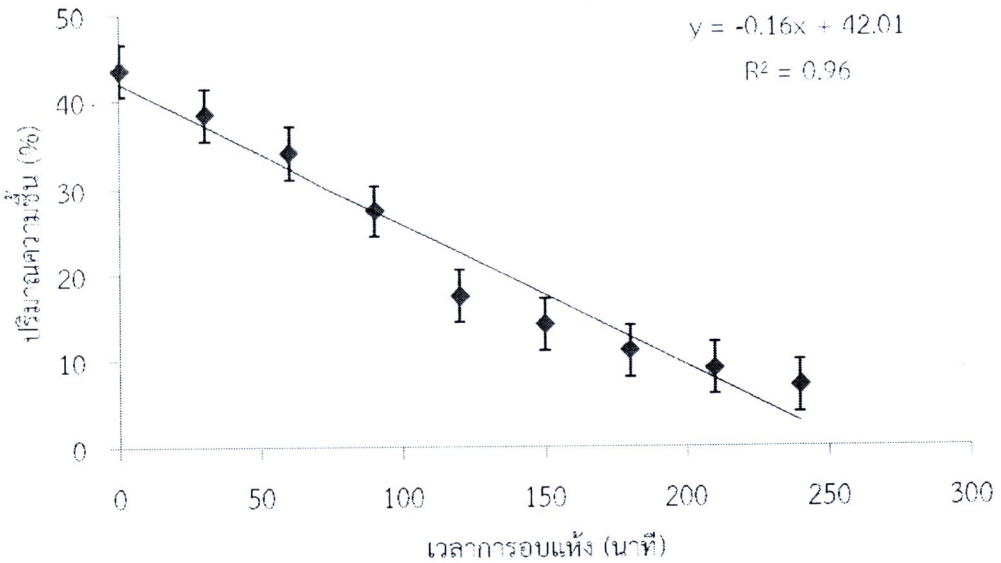
ภาพที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้งช่วง Air drying stage เมื่อใช้ขนุนที่ไม่ผ่านการออสโมซิส



ภาพที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้งช่วง Air drying stage เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้งช่วง Air drying stage เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้งช่วง Air drying stage เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4-2 ถึง 4-5 พบว่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นของขนุนที่ผ่านการอบจากขั้นตอนที่ 2 (Cooling stage) เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างกัน มีค่าแตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีความชื้นเริ่มต้น 59.62 53.52 48.24 และ 43.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความชื้นนี้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้เวลาในการ

อบแห้งนานขึ้น เนื่องจากการอบแห้งด้วยความร้อนจะทำให้ลดความชื้นของอาหารลงได้ เพราะความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิวอาหาร ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านชั้นอากาศรอบๆ อาหาร และถูกเคลื่อนที่ด้วยความร้อน ทำให้เกิดความแตกต่างกันของความดันเกิดเป็นแรงดัน ทำให้ไอน้ำดันให้น้ำระเหยออกมาจากด้านในของชิ้นอาหารออกมาภายนอกอาหาร (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2546)

ตารางที่ 4-11 สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (y) กับระยะเวลา (x) ในการทำแห้งขนุนในขั้นตอน Air drying stage ที่อุณหภูมิ 70 °C เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิส 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง	สมการ	R^2	เวลาที่ใช้อบแห้งตามการทำนาย (นาที)	เวลาในการทำแห้งจริง (นาที)	ความชื้นสุดท้ายที่ได้ (เปอร์เซ็นต์)
ไม่ผ่านการออสโมซิส	y = -0.21x + 53.18	0.95	196.10	196	12.57±0.06
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	y = -0.20x + 50.67	0.98	193.35	193	12.20±0.17
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	y = -0.17x + 44.33	0.96	190.18	190	11.57±0.59
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	y = -0.16x + 42.01	0.96	187.56	188	11.69±0.55

จากตารางที่ 4-11 จากการสร้างสมการวิธี regression โดยใช้แบบหุ่นสมการกำลังหนึ่งใช้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้งขนุนในขั้นตอน Air drying stage ที่อุณหภูมิ 70 °C เมื่อใช้ขนุนที่ผ่านการออสโมซิสที่เวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง และผ่านการอบในขั้นตอนที่ 1 HTST stage และขั้นตอนที่ 2 Cooling stage พบว่ามีค่า R^2 ซึ่งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของสมการค่อนข้างสูง โดยทั่วไปสมการที่นำมาใช้ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 หากสูงกว่า 0.90 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือมาก (Haaland, 1998; Hu, 1999) จากสมการสามารถทำนายเวลาในการอบแห้งขนุนในขั้นตอน Air drying stage ซึ่งผ่านการออสโมซิสเวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 196.10 184.14 190.18 และ 187.56 นาที ตามลำดับ แต่เพื่อให้สามารถควบคุมเวลาในการทำแห้งได้สะดวกจึงปรับเวลาในการทำแห้งที่ใช้จริง เท่ากับ 196 193 190 และ 188 นาที ตามลำดับ และจากการอบแห้งที่เวลาดังกล่าวได้ปริมาณความชื้นสุดท้าย คือ 12.57 12.20 11.57 และ 11.69 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 12±1 เปอร์เซ็นต์ ตามที่กำหนด

4.3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

จากการนำขนุนอบกรอบที่ผ่านการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ได้ผลดังตารางที่ 4-12 ถึง 4-16 ตามลำดับ

- ค่า a_w และปริมาณความชื้น

ค่า a_w บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นดัชนีสำคัญ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหารและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยปกติค่า a_w และความชื้นมักมีแนวโน้มที่สัมพันธ์กัน (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540) จากตารางที่ 4-12 พบว่า ค่า a_w ของขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านการออสโมซิส และผ่านการ ออสโมซิสเป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่า 0.67 0.58 0.57 และ 0.56 ตามลำดับ ซึ่งจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อผ่านการออสโมซิสนานขึ้น เนื่องจากในระหว่างการออสโมซิสจะมีการแพร่ของน้ำออกจากชิ้นอาหารโดยน้ำอิสระในช่องว่างระหว่างเซลล์จึงลดลงไป และตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกจะมีการแพร่เข้าไปในชิ้นอาหารทำให้ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง (Barbosa-Canovas, Schmidt, and Labuza, 2007) สำหรับปริมาณความชื้น จากตารางที่ 4-12 พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เนื่องมาจากการอบแห้งในขั้นตอนสุดท้าย Air drying stage ควบคุมให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 12±1 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4-12 ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ

สิ่งทดลอง	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	a_w	ปริมาณความชื้น^{ns} (เปอร์เซ็นต์)
ไม่ผ่านการออสโมซิส	0.67^{a}±0.01	12.57±0.06
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	0.58^{b}±0.00	12.20±0.17
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	0.57^{b}±0.00	11.57±0.59
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	0.56^{c}±0.00	11.69±0.55

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

- ค่าสี

จากตารางที่ 4-13 พบว่าค่า L* และ ค่า b* ของขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ในขณะที่ค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อผ่านการออสโมซิสนานขึ้น ค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปของผลิตภัณฑ์อบกรอบอาจเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์

(non-enzymatic browning reaction) ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) (Jamradloedluk et al., 2007) สำหรับปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากปฏิกิริยาที่น้ำตาลรีดิวซ์มีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์และคีโตนทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) ส่วนสำหรับปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน เกิดจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลในสภาวะที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจน เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำ การแตกสลาย และการเกิดพอลิเมอร์ (วิไล รังสาดทอง, 2546) ในกระบวนการมีการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง (70-210 องศาเซลเซียส) จึงจะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้ขนุนก่อนการอบได้ผ่านการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส ซึ่งเป็นการแช่ขนุนในสารละลายออสโมติกที่มีส่วนผสมของน้ำตาล การแพร่ของน้ำตาลมาสะสมในชิ้นขนุนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เพิ่มปริมาณสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้

ตารางที่ 4-13 ค่าสี (L* a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ

สิ่งทดลอง	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	$L^{*\,ns}$	a^{*}	$b^{*\,ns}$
ไม่ผ่านการออสโมซิส	52.58±0.95	14.92 ± 0.45^{d}	42.73±0.13
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	53.27±0.57	15.53 ± 0.33^{c}	44.95±3.24
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	52.71±0.13	16.76 ± 0.28^{b}	40.14±0.27
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	53.59±0.28	17.13 ± 1.21^{a}	41.52±2.86

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

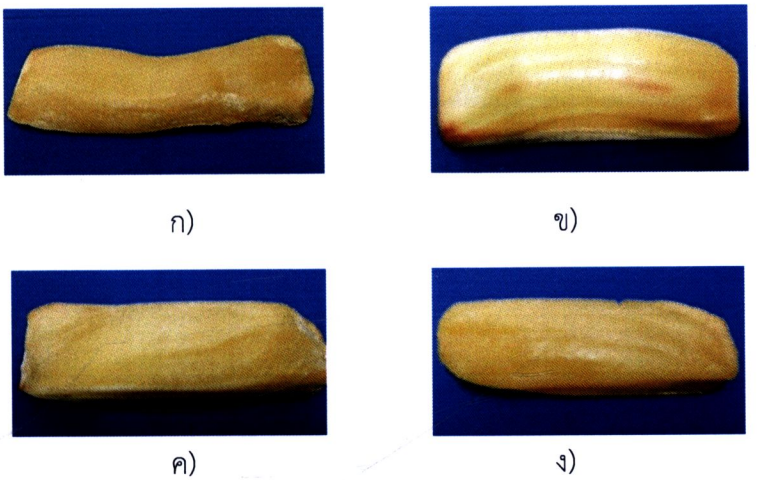
- ค่าความแข็ง

จากตารางที่ 4-14 พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิสนานขึ้นมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มแข็งขึ้นและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิส 20.61-30.26 นิวตัน มีค่าความแข็งมากกว่าที่ไม่ผ่านการออสโมซิส 18.57 นิวตัน เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการออสโมซิสเป็นเวลานานทำให้มีปริมาณของแข็งจากตัวถูกละลายในสารละลาย (น้ำตาลและเกลือ) ออสโมติกมีโอกาสแพร่เข้ามาในชิ้นขนุนมากขึ้น จึงเกิดการสะสมของตัวถูกละลายมาก เมื่ออบแห้งหลายขั้นตอนจึงเกิดโครงร่างที่แข็งกว่า นอกจากนี้การออสโมซิสเป็นเวลานานกว่ามีผลให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำในชิ้นขนุนน้อยผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็งมากกว่า ทั้งนี้สอดคล้องกับที่ Fito & Chiralt (1995) กล่าวว่า ในกระบวนการออสโมซิสจะเกิดการสูญเสียน้ำและมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการแช่นานขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของตัวอย่างให้มีแนวโน้มแข็งขึ้นเมื่อนำไปอบแห้ง โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยตัวทำละลายในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวของชิ้นอาหารมากในระหว่างที่

น้ำถูกกำจัดออกในการอบแห้งนี้ การระเหยของน้ำจะทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น และอาจทำให้เกิดผิวแห้งแข็งมากกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำ และ Antonio et al. (2008) กล่าวว่า ตัวอย่างขิ้นมันเทศที่ผ่านการออสโมซิสแล้วนำมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นจะมีลักษณะโครงร่างแข็งขึ้น เป็นผลมาจากการรวมตัวกันของน้ำตาลที่สะสมไว้จากกการออสโมซิสและปรากฏการณ์เจลาติไนเซชันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้การมีปริมาณน้ำจำกัดจึงส่งผลต่อการพองตัวไม่สมบูรณ์ของเม็ดแป้งบางส่วนในมันเทศด้วย

- อัตราการพองตัวและความหนาแน่น

จากตารางที่ 4-14 พบว่า อัตราการพองตัวและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีอัตราการพองตัว 0.17-0.35 และมีความหนาแน่น 0.65-1.72 กรัม/ซม^3 การอบในขั้นตอนที่ 1 HTST stage เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ชิ้นอาหารเกิดการพองตัว เนื่องจากความร้อนทำให้น้ำในชิ้นขนุนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอเกิดการขยายตัวและดันผนังเซลล์ให้เกิดการพองขึ้น จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสมีอัตราการพองตัว 0.28-0.42 มากกว่าที่ไม่ผ่านการออสโมซิส 0.17 เนื่องจากสามารถลดปริมาณน้ำบางส่วนของวัตถุดิบก่อนการทำแห้งได้ จึงทำให้ความร้อนที่ให้ซึ่งเป็นการให้ความร้อนสูงเวลาสั้นเพียงพอต่อการเกิดการกลายเป็นไอ ขยายตัวดันผนังเซลล์ให้เกิดการพองได้ อย่างไรก็ตามพบว่า อัตราการพองตัวของขนุนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนุนที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลานานมีปริมาณน้ำที่ลดลงมากกว่าจึงเหลือน้ำในปริมาณจำกัดที่จะเกิดเป็นไอได้น้อย และจากการออสโมซิสในเวลานานขึ้นน้ำตาลจากสารละลายออสโมติกสามารถแพร่เข้าไปแทนที่น้ำในช่องว่างของเซลล์ได้มากขึ้น จึงเกิดโครงร่างเซลล์ลักษณะแข็งและส่งผลให้เกิดการพองตัวได้ยากกว่า ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Antonio et. al (2008) กล่าวไว้ว่าในตัวอย่างขิ้นมันเทศที่ผ่านการออสโมซิส แล้วนำมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นมีการพองตัวมากกว่าการไม่ผ่านการออสโมซิส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาในการอบด้วย สำหรับความหนาแน่นเป็นสัดส่วนของน้ำหนักต่อปริมาตรของตัวอย่าง หากมีความหนาแน่นมาก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะพองเป็นรูน้อย หรือมีลักษณะแน่นไม่โปร่ง จากผลการทดลองในตารางที่ 4-5 พบว่าความหนาแน่นมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว คือ ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่มีอัตราการพองตัวมากจะมีความหนาแน่นน้อย ส่วนตัวอย่างที่มีอัตราการพองตัวน้อยจะมีความหนาแน่นมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากความหนาแน่นเป็นผลจากการพองตัวของตัวอย่างนั่นเอง



ก)　　ข)

ค)　　ง)

ภาพที่ 4-6 แสดงลักษณะของขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ
ก) ไม่ผ่านการออสโมซิส ไม่พองตัว มีลักษณะนิ่มที่สุด
ข) ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง พองตัวมาก มีลักษณะแข็งน้อย
ค) ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง พองตัวปานกลาง มีลักษณะแข็งปานกลาง
ง) ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง พองตัวน้อย มีลักษณะแข็งมาก

จากภาพที่ 4-6 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิส จากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่ามีลักษณะการพองตัวและความแข็งแตกต่างกัน โดยขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (ภาพที่ 4-6ก) มีการพองตัวน้อยมากและมีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม ไม่เกิดโครงร่างแข็งคงรูป เนื่องมาจากมวลน้ำที่อยู่ภายในชิ้นอาหารก่อนการทำแห้งมีปริมาณมาก เมื่อมีการให้ความร้อนสูงเวลาสั้น จึงไม่เพียงพอต่อการเกิดการกลายเป็นไอ ทำให้ไอน้ำไม่สามารถขยายตัวดันผนังเซลล์ให้เกิดการพองได้ สำหรับภาพที่ 4-6ข ถึง 4-6ง แสดงลักษณะตัวอย่างขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง ซึ่งเกิดการพองตัวมาก และมีลักษณะแข็งน้อย ตัวอย่างขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง เกิดการพองตัวปานกลาง และมีลักษณะแข็งปานกลาง และตัวอย่างขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง เกิดการพองตัวน้อย และมีลักษณะแข็งมาก ตามลำดับ ทั้งนี้ลักษณะการพองตัวเกิดจากความร้อนทำให้น้ำในชิ้นขนุนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอเกิดการขยายตัวและดันผนังเซลล์ให้เกิดการพองขึ้น ตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสนานมีปริมาณน้ำที่เหลือในชิ้นตัวอย่างน้อยจึงเกิดเป็นไอให้ดันผนังเซลล์ให้พองน้อย ซึ่งมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับลักษณะความแข็งของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่มีลักษณะแข็งมากขึ้น เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องกับค่าความแข็งที่วัดได้จากเครื่อง Texture analyzer (ตารางที่ 4-14)

ตารางที่ 4-14 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาในการออสโมซิสต่างๆ

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	อัตราการพองตัว	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)
ไม่ผ่านการออสโมซิส	18.57±0.38^{d}	0.17±0.03^{d}	1.72±0.35^{a}
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	20.61±0.45^{c}	0.42±0.07^{a}	0.65±0.05^{d}
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	27.78±0.17^{b}	0.35±0.04^{bc}	0.86±0.06^{c}
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	30.26±0.21^{a}	0.28±0.04^{c}	1.10±0.26^{b}

$^{a,b,c...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

จากตารางที่ 4-15 แสดงคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ พบว่าระยะเวลาในการออสโมซิสไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของขนุนอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5.60-6.27 (ความชอบระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย) และ 3.30-3.57 (ไม่ชอบปานกลาง) สำหรับความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ได้รับคะแนนค่อนข้างต่ำ ผู้ทดสอบให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะกรอบแข็งและมีความหนาจึงไม่ค่อยชอบเนื้อสัมผัสนัก ทั้งนี้พบข้อสังเกตว่าแม้ทุกสิ่งทดลองจะมีค่าคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว และความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าคุณภาพที่วัดได้ดังกล่าวนี้ยังอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมพอที่ผู้บริโภคจะชอบและยอมรับได้

ผลจากการทดลอง พบว่าระยะเวลาในการออสโมซิสมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิสนาน 2 ชั่วโมงมากที่สุด คะแนนที่ได้รับอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้เวลาการออสโมซิสระดับดังกล่าวทำให้มีการสะสมของปริมาณน้ำตาลและเกลือในชิ้นขนุนอยู่ในระดับเหมาะสมกว่าการออสโมซิสที่เวลาอื่นกล่าวคือไม่มากไม่น้อยเกินไป ทำให้มีสีและรสชาติอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 4-15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิส

สิ่งทดลอง	ค่าเฉลี่ยความชอบ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม
ไม่ผ่านการออสโมซิส	5.60±1.30	5.40±1.69^{b}	4.60±1.48^{c}	3.47±2.05	4.20±1.42^{d}
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	6.00±1.50	6.10±1.52^{a}	5.50±1.22^{b}	3.30±1.37	4.73±1.44^{b}
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	6.27±1.41	6.37±1.61^{a}	6.30±1.87^{a}	3.57±1.89	6.77±0.77^{a}
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	5.77±1.45	6.33±1.30^{a}	5.13±1.6^{bc}	3.43±1.85	4.67±1.60^{c}

$^{a, b}$ ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ในการเลือกที่กำหนดไว้ พบว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.77 ซึ่งหมายถึงมีความชอบระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง จากการพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตขนุนอบกรอบทุกสิ่งทดลองจากตารางที่ 4-7 พบว่า สิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการออสโมซิสใช้เวลาในการผลิตทุกขั้นตอนเท่ากับ 226 นาที (3 ชั่วโมง 46 นาที) สิ่งทดลองที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง ใช้เวลาในการผลิตทุกขั้นตอนเท่ากับ 283 นาที (4 ชั่วโมง 43 นาที) สิ่งทดลองที่ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง ใช้เวลาในการผลิตทุกขั้นตอนเท่ากับ 340 นาที (5 ชั่วโมง 40 นาที) และสิ่งทดลองที่ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการผลิตทุกขั้นตอนเท่ากับ 398 นาที (6 ชั่วโมง 38 นาที) ซึ่งเวลาที่ใช้ในการผลิตขนุนอบกรอบดังกล่าว แม้มีความแตกต่างกันแต่เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้ได้รับความชอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดดังนั้น จึงเลือกระยะเวลาการออสโมซิสนาน 2 ชั่วโมง มาเป็นวิธีการเตรียมขั้นต้นสำหรับการผลิตเป็นขนุนอบกรอบต่อไป

ตารางที่ 4-16 เวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิส

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน			รวมเวลาที่ใช้* (นาที)
	HTST stage (นาที)	Cooling stage (นาที)	Air drying stage (นาที)	
ไม่ผ่านการออสโมซิส	15	15	196	226
ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง	15	15	193	283
ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมง	15	15	190	340
ผ่านการออสโมซิส 3 ชั่วโมง	15	15	188	398

* รวมเวลาที่ใช้ทั้งนี้เป็นขั้นตอนการออสโมซิส HTST stage Cooling stage และ Air drying stage

4.4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งช่วง HTST stage

เนื่องจากขั้นตอนการอบช่วง HTST stage เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ ซึ่งเกิดจากน้ำในชิ้นอาหารเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วเกิดการขยายตัวดันผนังเซลล์ จึงเกิดช่องว่างเล็กๆ ภายในทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว จากการแปรอุณหภูมิในช่วง HTST stage เป็น 200 210 และ 220 องศาเซลเซียสและเวลาในการอบแห้ง 10 15 และ 20 นาที และดำเนินการอบแห้ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ HTST stage Cooling stage และ Air drying stage นำผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว และความหนาแน่น จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งช่วง HTST stage มีผลต่อคุณภาพทุกด้านของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบยกเว้นปริมาณความชื้นและความชอบด้านลักษณะปรากฏ โดยรายละเอียดคุณภาพที่วัดได้แสดงดังตารางที่ 4-17 ถึง 4-19

- ค่า a_w และ ปริมาณความชื้น

จากตารางที่ 4-17 พบว่าค่า a_w ของทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.62 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งช่วง HTST stage มีผลต่อค่า a_w หรือปริมาณน้ำในชิ้นอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการทำกิจกรรมได้ จากผลการทดลองพบข้อสังเกตของข้อมูลว่า ถ้าพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกัน ยิ่งเวลาในการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาที่เวลาในการอบแห้งเดียวกัน ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นค่า a_w มีแนวโน้มลดลง เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิและเวลามากขึ้นทำให้น้ำในชิ้นขนุนสามารถระเหยกลายเป็นไอได้มากขึ้น รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ (2540) กล่าวว่าน้ำในอาหารมีอยู่ 3 ประเภท คือ โมเลกุลน้ำที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลน้ำที่ยึดด้วยพันธะไอออนิกและน้ำอิสระที่พบในช่องว่าง interstitial ความรุนแรงของสภาวะการอบแห้งเกี่ยวข้องกับพลังงานที่ชิ้นอาหารจะได้รับในการทำลายพันธะของน้ำที่ยึดไว้กับองค์ประกอบของอาหาร โดยน้ำอิสระจะระเหยและ กำจัดไปในตอนแรก จากนั้นเป็นโมเลกุลน้ำที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนและสุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดด้วยพันธะไอออนิก ค่า a_w ซึ่งหมายถึง ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล จะสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น โดยปริมาณความชื้นสมดุลของสาร นิยามว่า เป็นปริมาณความชื้นที่มีอยู่เมื่อสารมีความดันไอสมดุลกับสิ่งแวดล้อม ในการทำแห้งจะเป็นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการนั่นเอง ดังนั้นหากกระบวนการอบแห้งใดมีสภาวะรุนแรงที่จะกำจัดปริมาณน้ำได้มากจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น ซึ่งมีผลต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์นั่นเอง สำหรับปริมาณความชื้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เนื่องจากควบคุมให้อยู่ในช่วง 12±1 เปอร์เซ็นต์ ตามที่ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4-17 ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่แปรอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST stage

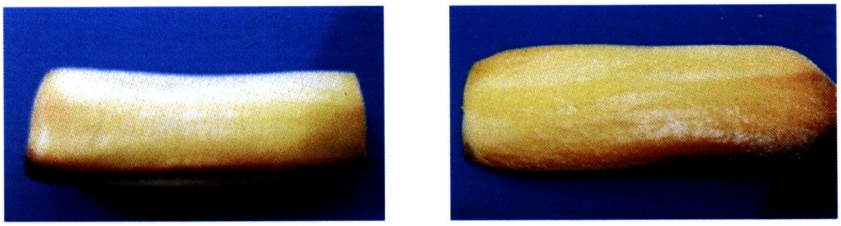
สิ่งทดลองที่	สภาวะการอบแห้งช่วง HTST Stage		ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	a_w	ปริมาณความชื้น^{ns} (เปอร์เซ็นต์)
1	200	10	0.62±0.01^{a}	12.55±0.12
2	200	15	0.59±0.00^{b}	11.52±0.02
3	200	20	0.57±0.01^{b}	11.22±0.45
4	210	10	0.60±0.00^{a}	11.75±0.01
5	210	15	0.57±0.01^{b}	11.67±0.01
6	210	20	0.56±0.00^{b}	11.37±0.04
7	220	10	0.59±0.01^{b}	12.42±0.06
8	220	15	0.56±0.00^{b}	11.58±0.57
9	220	20	0.55±0.01^{c}	11.18±0.02

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

- ค่าสี (L* a* b*)

จากตารางที่ 4-18 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบข้อสังเกตของข้อมูลว่า ถ้าพิจารณาที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน เมื่อใช้เวลาในการอบในขั้น HTST stage นานขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกันกับค่า b* ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการให้อุณหภูมิสูงและเวลานานในการอบจะไปทำให้ชิ้นขนุนซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันได้ ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น พบข้อสังเกตว่า การใช้อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที ในสิ่งทดลองที่ 8 และ 9 ทำให้ขนุนอบกรอบมีการไหม้บริเวณขอบของชิ้นขนุน แสดงให้เห็นว่าสภาวะดังกล่าวรุนแรงเกินไป เกิดลักษณะที่ไม่ดี อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ แสดงดังภาพที่ 4-7



ก) ข)

ภาพที่ 4-7 ลักษณะการเกิดขอบไหม้ของขนุนอบกรอบ เมื่อใช้สภาวะการอบแห้งช่วง HTST stage ก) 220 องศาเซลเซียส 15 นาที ข) 220 องศาเซลเซียส 20 นาที

ตารางที่ 4-18 ค่าสี (L* a* b*) ของขนุนอบกรอบที่แปรอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST stage

สิ่งทดลองที่	สภาวะการอบแห้งช่วง HTST stage		ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	L*	a*	b*
1	200	10	61.32±0.29^{a}	7.90±0.17^{h}	47.20±0.53^{a}
2	200	15	60.53±0.19^{b}	10.06±0.11^{g}	45.98±0.74^{b}
3	200	20	59.56±0.23^{c}	12.59±0.16^{g}	41.96±0.52^{c}
4	210	10	55.12±0.02^{d}	13.60±0.17^{e}	40.20±0.09^{d}
5	210	15	52.47±0.09^{f}	16.43±0.02^{a}	40.50±0.22^{d}
6	210	20	48.72±0.51^{b}	15.85±0.03^{b}	35.12±0.14^{f}
7	220	10	54.55±0.33^{h}	12.83±0.14^{d}	40.11±0.42^{d}
8	220	15	51.34±0.23^{g}	14.71±0.24^{c}	40.52±0.09^{d}
9	220	20	41.72±0.25^{i}	13.61±0.05^{d}	38.96±0.18^{e}

$^{a,b,c...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- ค่าความแข็ง

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ผลที่ได้ดังตารางที่ 4-19 พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยความแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบมากขึ้น เนื่องจากเมื่ออบด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปเกิดการแข็งที่ผิวหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็งและแน่น นอกจากนี้ เนื่องจากชิ้นขนุนมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบด้วย ยิ่งเพิ่มโอกาสให้ผิวขนุนมีความแข็งจากการรวมตัวกันของน้ำตาลและเนื่องจากใช้ขนุนที่มีระดับความสุกเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ อาจมีองค์ประกอบของแป้งที่สามารถเกิดเจลาติไนซ์เซชัน เมื่อใช้อุณหภูมิและ

เวลามากขึ้น ซึ่งมีผลต่อเม็ดแป้งขนาดเล็กทำให้เกิดรูปร่างแข็งที่ผิวของตัวอย่าง (วิชมณี ยืนยง พุทธกาล และพรนภา น้อยพันธุ์, 2553)

- อัตราการพองตัวและความหนาแน่น

การอบแห้งที่สภาวะอุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้นนี้ มีผลต่อการเกิกการพองตัว (puffing) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เกิดการปลดปล่อยหรือการขยายตัวของไอน้ำหรือแก๊สภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวและเกิดการแตกออกจนทำให้โครงสร้างเกิดเป็นรูขึ้น (Nath and Chattopadhyay, 2008) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาหาอัตราการพองตัว ได้ผลดังตารางที่ 4-9 พบว่า อัตราการพองตัวของทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยสังเกตเห็น โดยพบว่า ที่การอบอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที ทำให้อัตราการพองตัวสูงที่สุด (0.29) ($p<0.05$) ที่การอบอุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที ทำให้อัตราการพองตัวสูงที่สุด (0.39) ($p<0.05$) และที่การอบอุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 10 นาที ทำให้อัตราการพองตัวสูงที่สุด (0.35) ($p<0.05$)

สำหรับความหนาแน่น แสดงดังตารางที่ 4-20 พบว่า ความหนาแน่นมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองด้านอัตราการพองตัวและความหนาแน่น พบว่าสิ่งทดลองที่ 5 ซึ่งใช้สภาวะการอบในขั้น HTST stage คือ ใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ยังคงทำให้ผลิตภัณฑ์ทีอัตราการพองตัวสูงที่สุดและมีความหนาแน่นต่ำ

ตารางที่ 4-19 ค่าความแข็ง อัตราการพองตัวและค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่แปรอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST stage

สิ่งทดลองที่	สภาวะการอบแห้งช่วง HTST stage		ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความแข็ง (นิวตัน)	อัตราการพองตัว	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)
1	200	10	12.63±0.21^{f}	0.22±0.09^{b}	1.34±0.47^{b}
2	200	15	14.31±0.20^{e}	0.24±0.10^{b}	1.06±0.14^{b}
3	200	20	20.73±0.86^{d}	0.29±0.06^{a}	1.02±0.19^{a}
4	210	10	29.00±0.81^{c}	0.29±0.06^{ab}	0.95±0.27^{c}
5	210	15	29.99±0.85^{bc}	0.39±0.07^{a}	0.86±0.13^{cd}
6	210	20	31.57±0.41^{bc}	0.32±0.04^{ab}	0.84±0.22^{d}
7	220	10	30.98±0.32^{bc}	0.35±0.02^{a}	0.70±0.05^{e}
8	220	15	33.93±0.31^{b}	0.32±0.09^{ab}	0.82±0.02^{d}
9	220	20	39.23±0.86^{a}	0.30±0.04^{ab}	0.92±0.11^{cd}

$^{a,b,c...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

จากตารางที่ 4-20 แสดงคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่แปรอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST stage ระดับต่างๆ พบว่าด้านลักษณะปรากฏไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยคะแนนอยู่ในช่วง 6.50-6.67 หมายความว่า ชอบเล็กน้อย สำหรับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งในช่วง HTST Stage มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบ 15 นาที ในช่วง HTST stage ทำให้ได้คะแนนการยอมรับด้านสี รสชาติและเนื้อสัมผัสมากที่สุด พบว่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัสยังคงมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเนื้อสัมผัสแข็งจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าสิ่งทดลองที่ 5 คือการใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดเช่นกัน อยู่ในระดับความชอบปานกลาง

สำหรับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่พบว่ายังคงมีคะแนนค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าการแปรอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งให้มีความรุนแรงมากขึ้น (ใช้อุณหภูมิหรือเวลาในการอบแห้งมากขึ้น) ในสิ่งทดลองที่ 6 7 8 และ 9 หรือการแปรอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งให้มีความรุนแรงน้อยลง (ใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบน้อยลง) ในสิ่งทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ยังคงไม่สามารถปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง อัตราการพองตัว และความหนาแน่น ดีขึ้นอย่าในช่วงที่ส่งผลให้ผู้บริโภคชอบหรือยอมบริโภคมากขึ้น จาการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบข้อสังเกตว่างานวิจัยที่ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทพองกรอบมักต้องใช้เครื่องอบแห้งที่สามารถอบผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องกัน เช่น การทำแห้งแบบ HTST โดยใช้เครื่องฟลูอิไดซ์เบด (Nath and Chatto padhyay, 2008) การทำแห้งแบบ HTST โดยใช้เครื่องเป็นอุโมงค์อบต่อเนื่อง (Hofsetz et al, 2007)

นอกจากนี้ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ มักเป็นพวกที่มีปริมาณแป้งมาก น้ำตาลน้อย เช่น มันเทศ (Antonio et al, 2008) และกล้วยดิบ (Hofsetz et al, 2007; วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพรนภา น้อยพันธุ์, 2553) และมักทำให้เกิดเจลาติไนซ์เป็นแป้งสุกก่อน เช่น ผ่านการลวกแล้วจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่พองกรอบมากขึ้นได้ (วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพรนภา น้อยพันธุ์, 2553) แนวทางดังกล่าวข้างต้นอาจต้องนำมาใช้ร่วมด้วย เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่อไป

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการเลือกที่กำหนดไว้ พบว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่มีสภาวะการอบแห้งขั้น HTST stage ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มากที่สุด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวม 6.77 อยู่ในระดับชอบปานกลาง จึงเลือกมาเป็นสภาวะในการผลิตขนุนอบกรอบต่อไป

ตารางที่ 4-20 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่แปรอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST stage

สิ่งทดลอง	สภาวะในการอบแห้ง		ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	อุณหภูมิ	เวลา	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	200	10	6.60±1.44	6.53±1.52^{ab}	6.17±1.32^{a}	3.33±1.42^{b}	4.17±0.98^{c}
2	200	15	6.57±1.41	6.77±1.35^{a}	6.30±1.46^{a}	3.90±1.69^{a}	4.93±1.26^{b}
3	200	20	6.55±1.45	6.30±1.21^{b}	6.17±1.29^{a}	3.53±1.61^{ab}	5.00±1.41^{b}
4	210	10	6.63±1.50	5.80±1.73^{b}	6.87±1.81^{a}	3.57±1.61^{ab}	6.27±1.50^{a}
5	210	15	6.50±1.38	6.97±1.71^{a}	6.17±1.63^{a}	3.97±1.26^{a}	6.77±1.17^{a}
6	210	20	6.53±1.39	5.23±1.57^{bc}	6.67±1.89^{a}	3.27±1.68^{b}	3.87±1.14^{d}
7	220	10	6.63±1.30	6.14±1.76^{b}	6.70±1.42^{a}	3.57±1.87^{ab}	5.23±1.52^{b}
8	220	15	6.67±1.26	4.97±1.50^{c}	6.53±2.05^{a}	3.43±1.74^{b}	3.90±1.81^{d}
9	220	20	6.58±1.57	3.93±1.55^{d}	3.40±2.11^{b}	2.30±1.26^{c}	2.00±0.95^{e}

$^{a,b,c,...}$ หมายถึง ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

4.5 ศึกษาผลของความแก่-อ่อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบและขนุนอบกรอบ

4.5.1 ผลการศึกษาผลของความสุกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ

นำขนุนมาทำการบ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน จากนั้นทำการเตรียมขั้นต้น โดยนำมาผ่านการลวก 3 นาที และอบแห้งให้มีความชื้นก่อนทอด 50 เปอร์เซ็นต์ ทำการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-21 ถึง 4-26

ตารางที่ 4-21 ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่าสี		
	L*^{ns}	a*	b*
0	54.20 ± 0.49	5.49 ± 0.05^{b}	44.94 ± 0.40^{b}
1	54.59 ± 0.26	6.50 ± 0.41^{b}	49.78 ± 0.51^{a}
2	53.55 ± 0.16	9.16 ± 0.59^{a}	49.60 ± 0.49^{a}

^{a,b} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-21 พบว่า ขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วันมีอิทธิพลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) พบว่า ค่า L* ที่ระยะเวลาการบ่ม 0 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 54.20 และมีแนวโน้มลดลงที่ระดับความสุก 1 และ 2 วัน แต่อย่างไรก็ตามค่า L* ของขนุนทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งการที่ขนุนมีระดับความสุกมากขึ้น แล้วส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* ลดลง เนื่องจากระหว่างการสุกขนุนจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสับเสตรท (Substrate) ของปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ (Non-enzymatic หรือ Millard reaction) ซึ่งจะเกิดจากอาหารที่ได้รับความร้อน และมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้น ปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ จะเกิดมากขึ้นเมื่อขนุนมีระดับความสุกมากขึ้น และผ่านการทอด (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป, 2550) และจากการศึกษาของ สุดารัตน์ สุตพันธ์ (2536) พบว่า ที่ระดับความสุกของผลไม้มากย่อมมีระดับน้ำตาลรีดิวซ์สูงด้วย ดังนั้นขนุนทอดกรอบที่ระดับความสุกก่อนทอดสูงจึงมีสีเข้มกว่าขนุนทอดกรอบที่มีระดับความสุกก่อนทอดต่ำ

สำหรับค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 2 วันมีค่าความเป็นสีแดง (a*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงสุด คือ 9.16 เนื่องจากขนุนสุกจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Baliga et al., 2011) ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning)เร็วขึ้นซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับกับกรดอะมิโนและเปปไทด์ทำให้มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น (Irwandi et al., 1998)

และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 1 และ 2 วันมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 49.60 ถึง 49.78 เนื่องจากผลไม้ที่มีเนื้อสีเหลือง เช่น ทุเรียน และขนุน ที่มีระดับความสุกมากจะมีปริมาณเบต้า-แคโรทีน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีเหลืองหรือสีส้มเพิ่มขึ้น (ณัฏชา เปี่ยมคล้าย, 2547) ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่มสูงขึ้นจะมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป (2550) โดยศึกษาขั้นตอนการเตรียมก่อนการทอดของกล้วยหอมทองแว่นภายใต้สุญญากาศ พบว่าระดับความสุกมีผลต่อค่าสีหลังการทอด ที่ระดับความสุกมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลมากขึ้น

ตารางที่ 4-22 ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่าความแตกเปราะ (Fracturability)^{ns}
0	554.82 ± 10.41
1	518.49 ± 27.15
2	522.07 ± 22.51

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-22 พบว่าขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วันไม่มีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ โดยมีค่าความแตกเปราะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากขนุนที่นำมาบ่มมีระดับความสุกที่ได้ใกล้เคียง ส่งผลให้เกิดการเพิ่มปริมาณน้ำไม่สูงมากนัก ขณะทอดน้ำจึงระเหยออกจากเนื้อขนุนได้เร็วก่อนที่ผิวหน้าจะเกิดเปลือกแข็ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกเปราะน้อย

ตารางที่ 4-23 อัตราการพองตัว และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	อัตราการพองตัว ^{ns}	ความหนาแน่น ^{ns} (กรัมต่อมิลลิลิตร)
0	1.18 ± 0.28	1.03 ± 0.15
1	1.52 ± 0.39	0.93 ± 0.07
2	1.47 ± 0.28	0.70 ± 0.14

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-23 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 0 1 และ 2 วันมีค่าอัตราการพองตัวและความหนาแน่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากขนุนที่ได้จากการเตรียมก่อนการทอดมีระดับความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน ทำให้น้ำใน

อาหารจึงมีปริมาณเท่ากัน ส่งผลให้เกิดการที่น้ำระเหยกลายเป็นไอในอัตราที่เท่ากัน ทำให้ค่าอัตราการพองตัวและความหนาแน่นเท่ากัน

ตารางที่ 4-24ค่าแอกติวิตีของน้ำ (Water activity) และปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แอกติวิตีของน้ำ (a_w)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
0	0.37 ± 0.01^{b}	2.65 ± 0.12^{b}
1	0.41 ± 0.01^{b}	2.53 ± 0.06^{b}
2	0.50 ± 0.04^{a}	3.87 ± 0.45^{a}

^{a,b} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-24 พบว่าขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วันมีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 2 วัน มีค่าแอกติวิตีของน้ำ (Water activity) และปริมาณความชื้น (Moisture content) แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดคือ ค่าแอกติวิตีของน้ำ (Water activity) และปริมาณความชื้น (Moisture content) ได้ 0.50 และ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าแอกติวิตีของน้ำปกติจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นแบบเชิงเส้นตรง การเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาลเมื่อขนุนมีระดับความสุกมากขึ้นจะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการหายใจ และจากงานวิจัยของปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป (2550) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการการทอด และระดับความสุกต่อกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ ทำโดยนำกล้วยที่ระดับความสุก 3 ระดับมาทำการเตรียมการก่อนทอดคือ ตัวอย่างควบคุม การแช่แข็ง และการอบแห้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลไม้ก่อน และหลังทอดเพิ่มขึ้นตามระดับความสุก การมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น แม้จะช่วยลดค่าแอกติวิตีของน้ำ แต่ก็ทำให้การระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้ยากเนื่องจากจุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเซลล์ การเกิดเจลาติไนเซชั่นในตัวอย่างที่มีแป้งที่แตกต่างกันก็อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าแอกติวิตีของน้ำ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายมีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อค่าแอกติวิตีของน้ำของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4-25 ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ค่าการดูดซับน้ำมัน	
	ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมันที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์)
0	23.77 ± 2.06^{b}	-20.78 ± 6.06^{b}
1	31.15 ± 2.15^{a}	-58.28 ± 6.31^{a}
2	31.34 ± 2.13^{a}	-59.25 ± 6.26^{a}

^{a,b} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-25 พบว่าขนุนที่บ่มเป็นเวลา 0 1 และ 2 วันมีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่บ่มเป็นเวลา 1 และ 2 วันมีปริมาณไขมันและไขมันที่ลดลงแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณไขมันสูงสุดอยู่ในช่วง 31.15 ถึง 31.34 และปริมาณไขมันที่ลดลงต่ำสุดอยู่ในช่วง -59.25 ถึง -58.28 แสดงว่าค่าการดูดซับน้ำมันสูงสุด โดยปริมาณน้ำมันในตัวอย่างขนุนทอดกรอบ ขึ้นกับระดับความสุก และการเตรียมก่อนการทอด ระดับความสุกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำมันหลังการทอดสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างที่ระดับความสุกสูงมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับความสูงต่ำทำให้เกิดการแทนที่ในช่องว่างของน้ำที่ระเหยด้วยน้ำมัน (Moreira et al., 1997) โดยขนุนที่ผ่านการบ่มจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น และคาร์โบไฮเดรตบางส่วนยังถูกเปลี่ยนไปเป็นสตาร์ชและน้ำตาล โดยสตาร์ชเมื่อถูกความร้อนจะเกิดเจลาติไนเซชันที่ผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีการเก็บกักน้ำมันไว้ในอาหาร ทำให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำมันสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป (2550) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการทอด และระดับความสุกต่อกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ ทำโดยนำกล้วยที่ระดับความสุก 3 ระดับมาทำการเตรียมการก่อนทอด โดยมี ตัวอย่างควบคุม การแช่แข็ง และการอบแห้ง และเมื่อวิเคราะห์ผลของระดับความสุกของการเตรียมใดๆ พบว่าเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันดูดซับจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงจะเห็นได้ว่าระดับความสุกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการดูดซับน้ำมัน

ตารางที่ 4-26 คะแนนความชอบของขนุนแผ่นทอดกรอบที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 3 นาที และมีความชื้น 50% ที่บ่มเป็นเวลา 0, 1 และ 2 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	คะแนนความชอบ						
	ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	ความกรอบ	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.55 ± 0.95[a]	7.68 ± 0.69[a]	6.20 ± 1.50[b]	6.30 ± 1.62[b]	6.38 ± 0.97[b]	6.15 ± 1.17[c]	6.53 ± 1.22[b]
1	6.90 ± 0.94[b]	7.18 ± 1.07[b]	7.23 ± 1.13[a]	7.38 ± 1.24[a]	6.75 ± 1.07[b]	6.68 ± 1.10[b]	7.25 ± 0.89[a]
2	5.50 ± 1.43[c]	4.93 ± 1.47[c]	6.98 ± 1.19[a]	7.18 ± 1.32[a]	7.45 ± 1.22[a]	7.40 ± 1.20[a]	6.93 ± 1.57[ab]

[a,b,c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

จากตารางที่ 4-26 ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะการบ่ม 0 วันหรือขนุนดิบนั้น มีคะแนนเฉลี่ยความชอบแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด คือ 7.55 ซึ่งเป็นคะแนนความชอบในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ระยะเวลาการบ่ม 0 วันมาก

ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะการบ่ม 0 วันหรือขนุนดิบ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด คือ 7.68 ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีสีน้ำตาลน้อย สอดคล้องกับการวัดค่าสี

ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 1 และ 2 วันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์จากขนุนระยะเวลาการบ่ม 0 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 6.98 ถึง 7.23 ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบ แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีความกรอบมาก

ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความกรอบ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 1 และ 2 วันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์จากขนุนระยะเวลาการบ่ม 0 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 7.18 ถึง 7.38 ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง สอดคล้องกับการวัดค่าความแตกเปราะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีลักษณะความกรอบมาก

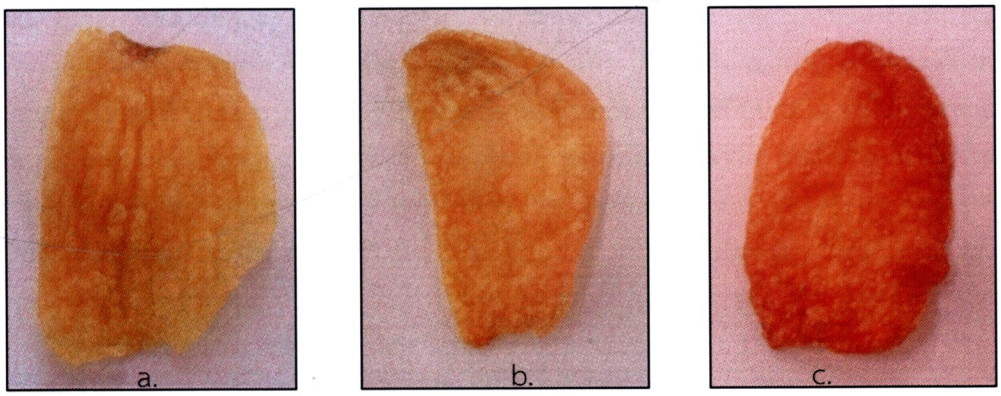
ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรส พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 2 วันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.45 ซึ่งความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่มีระดับความสุกมาก

ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 2 วันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.40 ซึ่งความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีกลิ่นรสขนุนที่ระดับความสุกมาก

ผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 1 วันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.25

ซึ่งความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่ระยะการบ่ม 1 วันมากที่สุด

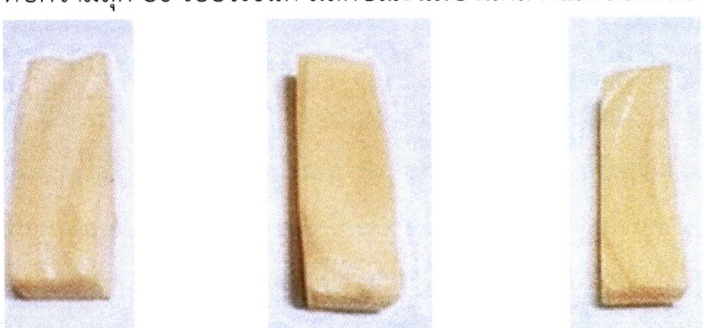
ดังนั้นผลการศึกษาผลของความสุกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม ค่าการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์หลังการทอด และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบจากขนุนที่ระยะเวลาการบ่ม 1 วัน มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส และความกรอบ สำหรับค่าการดูดซับน้ำมันหลังการทอดไม่แตกต่างกันคือมีการดูดซับน้ำมันมาก และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงสุด จึงเลือกขนุนที่ผ่านการบ่ม 1 วัน สำหรับการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 4-8 ผลิตภัณฑ์ขนุนแผ่นทอดกรอบจากสภาวะที่เหมาะสม คือ ลวก 3 นาที มีความชื้น 50% ที่ระยะเวลาการบ่มต่างกัน โดยที่ a, b และ c คือ ระยะเวลาการบ่มที่ 0, 1 และ 2 วัน ตามลำดับ

4.5.2 ผลของระดับความสุกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ

การทดลองนี้แปรระดับความสุกของขนุนที่ใช้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยขนุนที่ มีลักษณะดังภาพที่ 4-9 ขนุนที่ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะแข็งคงรูปและมีสีเหลืองอ่อน ระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะนิ่มเล็กน้อย มีสีเหลืองปานกลาง และระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะนิ่มปานกลางและมีสีเหลืองเข้มมากขึ้น ตามลำดับ



ก) ข) ค)

ภาพที่ 4-9 แสดงภาพชิ้นขนุนที่ระดับความสุกต่างๆ ก) ขนุนที่ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ข) ขนุนที่ระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ ค) ขนุนที่ระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์

4.5.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชิ้นขนุน

องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี และความแข็ง แสดงดังตารางที่ 4-28 ถึง 4-29

จากตารางที่ 4-27 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีทุกค่าของขนุนระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณความชื้นของชิ้นขนุนมีค่าเป็น 60.21 66.08 และ 68.32 เปอร์เซ็นต์ ตามระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อมีระดับความสุกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณเส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตจึงมีแนวโน้มลดลง และปริมาณเถ้ามีแนวโน้มมากขึ้น เมื่อขนุนสุกมากขึ้น เนื่องจากขนุนจัดเป็นผลไม้ชนิด Climacteric fruits คือ ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงขึ้นในขณะที่กำลังจะสุก และอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงหลังจากที่ผลไม้นั้นสุกแล้ว โดยผลไม้จะมีกลไกในการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีของอัตราการหายใจของเซลล์โดยแป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณเส้นใยลดลง (ดนัย บุณยเกียรติ, 2531) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีด้านโปรตีน และไขมันมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของแข็งในขนุนที่ลดลง ทั้งนี้ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้สอดคล้องกับที่กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (2527) ได้รายงานไว้

ตารางที่ 4-27 องค์ประกอบทางเคมีของขนุนที่ระดับความสุกต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความสุก 60 เปอร์เซ็นต์	ความสุก 70 เปอร์เซ็นต์	ความสุก 80 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณความชื้น	60.21 ± 0.09^{c}	66.08 ± 0.08^{b}	68.32 ± 0.14^{a}
ปริมาณเถ้า	0.78 ± 0.01^{b}	1.53 ± 0.05^{c}	1.79 ± 0.05^{a}
ปริมาณโปรตีน	2.51 ± 0.05^{a}	2.02 ± 0.09^{b}	1.89 ± 0.02^{c}
ปริมาณไขมัน	0.63 ± 0.02^{a}	0.46 ± 0.05^{b}	0.32 ± 0.02^{c}
ปริมาณเส้นใยหยาบ	2.21 ± 0.06^{a}	1.66 ± 0.11^{b}	1.10 ± 0.04^{c}
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	33.68 ± 0.11^{a}	28.27 ± 0.06^{b}	25.58 ± 0.04^{c}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4-29 พบว่า ค่าความสว่าง L* ค่าความเป็นสีแดง a* และค่าความเป็นสีเหลือง b* ของเนื้อขนุนที่มีระดับความสุกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า L* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* และ ค่า b* มีแนวโน้มมากขึ้นตามระดับความสุก เนื่องจากขนุนมีสีเข้มขึ้นเมื่อความสุกมากขึ้น สำหรับค่าความแข็ง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงตามระดับความสุกที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า ที่ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็ง 2.98 นิวตัน ไม่แตกต่างจากระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าความแข็งเป็น 2.43 นิวตัน และระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์มีค่าความแข็งน้อยที่สุด เป็น 1.83 นิวตัน ทั้งนี้

เนื่องมาจากกลไกการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีของอัตราการหายใจของเซลล์ โดยแป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ทำให้ความชื้นมากขึ้นและเนื้อสัมผัสนิ่มลง (ดนัย บุณยเกียรติ, 2531)

ตารางที่ 4-28 ค่าสี L* a* และ b* และค่าความแข็งของขนุนที่ระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	L*	a*	b*	ความแข็ง (นิวตัน)
60	83.75±0.08^{a}	0.83±0.02^{c}	34.55±0.11^{c}	2.98±0.63^{a}
70	81.08±0.05^{b}	2.66±0.05^{b}	49.20±0.25^{b}	2.43±0.25^{ab}
80	80.92±0.29^{c}	3.76±0.02^{a}	51.23±0.40^{a}	1.83±0.10^{b}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสารหลังการออสโมซิส

วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ของชิ้นขนุนที่ระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4-29 พบว่าค่า WL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสุกของขนุนเพิ่มขึ้น โดยระดับความสุกของขนุนที่ 80 เปอร์เซ็นต์มีค่า WL มากที่สุด คือ 14.31 เปอร์เซ็นต์ ขนุนที่ระดับความสุก 70 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่า WL 10.91 และ 10.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำมาก เนื่องจากขนุนสุกมีปริมาณน้ำมากกว่าขนุนดิบจึงเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นขนุนและสารละลายออสโมติกมากกว่า เกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายเทมวลสาร คือ เกิดการแพร่ของน้ำออกจากชิ้นขนุนไปยังสารละลาย ชิ้นขนุนจึงเกิดการสูญเสียน้ำ สำหรับปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความสุกของขนุนที่เพิ่มขึ้น Hosahalli and Michele (2006) กล่าวว่า ความแก่อ่อน หรือความสุกดิบของผลไม้มีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร โดยผลไม้สุกจะมีแนวโน้มเกิดการแพร่น้ำมากกว่าผลไม้ดิบ เนื่องจากเนื้อเยื่อมีความอ่อนนุ่ม โครงสร้างเซลล์แข็งแรงน้อยกว่าผลไม้ดิบจึงทำให้เกิดการแพร่ของน้ำและตัวถูกละลายมากกว่าผลไม้ดิบ

ตารางที่ 4-29 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) เมื่อใช้ขนุนที่ระดับความสุกต่างกันในการออสโมซิส

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	WL (เปอร์เซ็นต์)	WR (เปอร์เซ็นต์)	SG (เปอร์เซ็นต์)
60	10.23±0.89^{b}	5.14±1.44^{c}	4.52±0.30^{b}
70	10.91±0.56^{b}	6.35±0.95^{b}	5.05±0.50^{b}
80	14.31±0.94^{a}	8.51±1.87^{a}	5.82±1.03^{a}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.5.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4-30 ถึง 4-33

- ค่า a_w และปริมาณความชื้น

ค่า a_w บ่งบอกถึงเป็นปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นดัชนีสำคัญ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหารและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยปกติค่า a_w และความชื้นมักมีแนวโน้มที่สัมพันธ์กัน (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540) จากผลการวิเคราะห์ตารางที่ 4-30 พบว่า ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนุนที่ระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.54 - 0.57 และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 11.61-11.84 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในขั้นตอนการอบขั้นสุดท้าย Air drying stage ควบคุมความชื้นให้เท่ากันทุกสิ่งทดลองโดยอยู่ในช่วง 12±1 เปอร์เซ็นต์ ตามที่กำหนด

ตารางที่ 4-30 ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	a_w ns	ปริมาณความชื้น ns (เปอร์เซ็นต์)
60	0.57±0.01	11.68±0.11
70	0.56±0.01	11.61±0.08
80	0.54±0.01	11.84±0.06

a,b,c หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

- ค่าสี (L* a* และ b*)

จากผลการวิเคราะห์ตารางที่ 4-31 พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบเมื่อใช้ขนุนที่ระดับความสุกต่างกันมีค่าสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีแนวโน้มเดียวกันกับค่าสีของชิ้นขนุนสด กล่าวคือ ค่า L* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* และ b* มีแนวโน้มมากขึ้นตามระดับความสุก แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้ขนุนที่มีความสุกมากขึ้น

ตารางที่ 4-31 ค่าสี (L* a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L*	a*	b*
60	56.95±0.66[a]	16.75±0.18[c]	32.27±0.10[c]
70	53.45±0.75[b]	19.48±0.40[b]	40.84±0.21[b]
80	50.33±0.14[c]	20.06±0.06[a]	42.10±0.68[a]

[a,b,c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- ค่าความแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนุนอบกรอบด้วยเครื่อง Texture analyzer รายงานเป็นค่าความแข็ง ซึ่งหมายถึง แรงสูงที่สุดที่ใช้ในการตัดผ่านชิ้นอาหารตามระยะทางที่กำหนด (Alvarez, 1995) จากตารางที่ 4-32 พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบจากการใช้ขนุนที่ระดับความสุก 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งเป็น 30.65 29.18 และ 22.43 นิวตัน ตามลำดับ โดยความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขนุนความสุก 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แนวโน้มค่าความแข็งสอดคล้องกับค่าความแข็งของวัตถุดิบขนุนที่ใช้ ขนุนที่สุกน้อยมีลักษณะเนื้อเยื่อเป็นเส้นใยมากกว่าขนุนที่สุกมาก อีกทั้งมีปริมาณน้ำน้อยกว่า ในขณะที่ขนุนที่สุกมากมีลักษณะเนื้อเยื่อนิ่มกว่าและมีส่วนประกอบของน้ำมากกว่าด้วย เมื่ออบกรอบขนุนที่มีความสุกน้อยอาจมีปริมาณน้ำน้อยเกินไป ทั้งเกิดเป็นไอดันผนังเซลล์ให้พองตัวได้ และการมีเนื้อเยื่อเป็นเส้นใยมากกว่าทำให้เมื่อผ่านการอบแห้งจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแห้งและแข็งกว่า

- อัตราการพองตัว และความหนาแน่น

จากตารางที่ 4-32 พบว่า อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนุนอกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่า ขนุนที่ระดับความสุกต่ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการพองตัวต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปริมาณแป้งและเส้นใยมากกว่าส่งผลให้ในขั้นตอนการอบช่วง HTST Stage เมื่อชิ้นขนุนได้รับความร้อนจะเกิดโครงร่างแข็งขึ้นมาก จึงอาจทำให้ไอน้ำมีการขยายตัวพองออกได้ยาก Antonio et al. (2008) กล่าวว่าหากตัวอย่างเกิดปรากฏการณ์เจลาติไนเซชันไม่สมบูรณ์จากการที่ตัวอย่างมีแป้งเป็นองค์ประกอบ แต่มีปริมาณน้ำจำกัดต่อการเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมีลักษณะแข็งได้ และอาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นในชิ้นขนุนที่ระดับความสุกต่ำมีปริมาณน้อยกว่า จึงมีปริมาณไอน้ำที่จะไปทำให้โครงสร้างเกิดการพองตัวออกมีโอกาสเกิดน้อยกว่าด้วย

สำหรับความหนาแน่น พบว่าทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว คือ ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่มีอัตราการพองตัวมากจะมีความหนาแน่นน้อย ส่วนตัวอย่างที่มีอัตราการพองตัวน้อยจะมีความหนาแน่นมากโดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ ที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ การใช้ขนุนระดับความสุก 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4-32 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	อัตราการพองตัว	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)
60	30.65±0.39^a	0.28±0.07^c	0.59±0.46^a
70	29.18±0.26^b	0.39±0.27^b	0.45±0.10^{ab}
80	22.43±0.68^c	0.51±0.08^a	0.43±0.06^b

$^{a,b,c...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสตารางที่ 4-33 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างกันได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงที่สุด ยกเว้นคะแนนความชอบด้านรสชาติ ที่ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนที่ระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนสูงที่สุด

จากการสังเกตของผู้วิจัยและความคิดเห็นของผู้ทดสอบ พบว่าที่ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าสิ่งทดลองอื่น โดยมีลักษณะกรอบแข็ง มีลักษณะเป็นแป้งทำให้เคี้ยวง่ายที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขนุนระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะกรอบ แต่แข็งมากกว่า ทำให้เคี้ยวยากกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขนุนระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะค่อนข้างนิ่มและเหนียวเล็กน้อยแต่สามารถเคี้ยวได้ และมีรสหวานมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 4-10

ก) ข) ค)

ภาพที่ 4-10 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างๆ
ก) ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ข) ขนุนระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์
ค) ขนุนระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการเลือกที่กำหนดไว้พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกของขนุน 60 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงเลือกใช้ขนุนที่มีระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตขนุนอบกรอบต่อไป

ตารางที่ 4-33 ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุกของขนุน (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
60	7.07±1.41^{a}	6.93±1.46^{a}	6.60±1.35^{b}	6.93±1.63^{a}	7.13±1.33^{a}
70	6.43±1.25^{b}	6.47±1.33^{ab}	6.80±1.35^{b}	4.10±1.57^{b}	6.70±1.72^{b}
80	6.03±1.63^{b}	6.27±1.60^{b}	7.23±1.61^{a}	5.43±1.62^{b}	6.37±1.52^{b}

$^{a, b, c}$ หมายถึง ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.6 การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบและขนุนอบกรอบ

4.6.1 ผลของการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขนุนทอดกรอบในระหว่างการเก็บรักษา

บรรจุผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกใสชนิดโพลิโพรไพลีนปิดผนึก แล้วเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สภาวะปกติที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และสภาวะควบคุม คือ การเก็บไว้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบมาทำการทดสอบทุกๆ 7 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 1 เดือน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์ค่าสี ค่าความแตกเปราะ ปริมาณความชื้น ค่าแอกติวิตีของน้ำ ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าเปอร์ออกไซด์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA และ 9 point hedonic scale และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-34 ถึง 4-43

ตารางที่ 4-34 ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต พลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความสว่าง (L*)			
		สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4[ns]
Al	4	60.42 ± 2.50[a]	61.32 ± 0.68[a]	61.16 ± 0.59[bc]	63.76 ± 0.35
	30	58.77 ± 1.18[a]	60.50 ± 0.07[a]	61.23 ± 1.22[bc]	64.83 ± 0.71
	40	57.49 ± 0.32[a]	62.26 ± 0.83[a]	64.90 ± 0.69[a]	68.85 ± 0.29
PPI	4	54.26 ± 0.00[b]	56.12 ± 0.67[b]	59.85 ± 0.15[c]	61.91 ± 3.16
	30	60.15 ± 0.02[a]	61.27 ± 0.33[a]	63.04 ± 0.24[ab]	63.99 ± 1.06
	40	59.99 ± 2.19[ab]	60.04 ± 1.35[a]	61.80 ± 0.13[bc]	62.90 ± 0.72

[a,b,c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-34 เมื่อพิจารณาในแต่ละสัปดาห์พบว่า สัปดาห์ที่ 1 และ 2 ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต เก็บที่อุณหภูมิ 4 30 และ 40 องศาเซลเซียสและที่บรรจุในโพลีโพรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L*) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 57.49 ถึง 60.44 และ 60.04 ถึง 62.26 ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

สำหรับสัปดาห์ที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต เก็บที่ 40 องศาเซลเซียสมีค่าความสว่าง (L*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) สูงสุดคือ 64.90 และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าทุกผลิตภัณฑ์ไม่มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อพิจารณาช่วงอายุการเก็บตลอด 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทั้งที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลีโพรไพลีน ในทุกสภาวะจะมีแนวโน้มค่าความสว่าง (L*) เพิ่มตามอายุการเก็บที่มากขึ้น โดยในสัปดาห์ที่ 4 จะมีค่าความสว่างสูงที่สุด

ตารางที่ 4-35 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นสีแดง (a*)			
		สัปดาห์ 1^{ns}	สัปดาห์ 2^{ns}	สัปดาห์ 3^{ns}	สัปดาห์ 4
Al	4	5.71 ± 1.10	5.70 ± 0.15	6.36 ± 0.60	6.61 ± 0.23^{ab}
	30	5.40 ± 0.49	6.25 ± 0.39	6.24 ± 0.17	6.83 ± 0.04^{a}
	40	4.69 ± 0.43	5.05 ± 0.52	5.29 ± 0.02	6.18 ± 0.13^{bc}
PPI	4	6.52 ± 0.00	6.61 ± 0.07	6.63 ± 0.07	6.94 ± 0.18^{a}
	30	4.90 ± 0.05	5.36 ± 0.10	5.39 ± 0.05	6.19 ± 0.06^{bc}
	40	5.68 ± 0.64	5.98 ± 0.87	5.80 ± 1.67	6.06 ± 0.11^{c}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-35 พบว่าสัปดาห์ที่ 1 2 และ 3 ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

แต่เมื่อพิจารณาช่วงอายุการเก็บตลอด 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทั้งที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลีโพรไพลีน ที่ทุกสภาวะมีแนวโน้มค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บที่มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธาทิพย์ ภัทรกุลวณิชย์ (2548) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของทุเรียนกวน พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของทุเรียนกวนจากเดิมซึ่งมีสีเหลืองปนน้ำตาล จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มและคล้ำมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บรักษาในที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ อุณหภูมิ และค่าแอกติวิตีของน้ำ ซึ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Williams, 1976)

ตารางที่ 4-36 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)			
		สัปดาห์ 1^{ns}	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
Al	4	49.54 ± 1.82	49.65 ± 0.06^{a}	49.94 ± 0.03^{b}	53.37 ± 0.82^{a}
	30	44.86 ± 2.71	49.18 ± 0.54^{a}	49.27 ± 0.07^{ab}	51.09 ± 0.52^{ab}
	40	48.03 ± 0.06	48.09 ± 0.14^{ab}	48.44 ± 0.14^{b}	52.99 ± 0.88^{a}
PPI	4	50.22 ± 0.00	45.48 ±2.69^{b}	50.56 ± 0.30^{a}	51.10 ± 0.02^{ab}
	30	40.67 ± 0.07	40.81 ± 0.63^{c}	41.71 ± 0.10^{d}	42.46 ± 2.57^{c}
	40	45.90 ± 2.80	45.98 ± 0.15^{ab}	46.17 ± 0.92^{c}	46.94 ± 0.65^{b}

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-36 ในสัปดาห์ที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทั้งที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลีโพรไพลีน ที่ทุกสภาวะการเก็บรักษามีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

สำหรับสัปดาห์ที่ 2 3 และ 4 พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

โดยที่สัปดาห์ที่ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตทุกสภาวะการเก็บรักษามีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงสุดในช่วง 48.09 ถึง 49.65

เมื่อพิจารณาสัปดาห์ที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในโพลีโพรไพลีนที 10 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุด คือ 50.56

และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตทุกสภาวะการเก็บรักษามีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงสุดในช่วง 51.09 ถึง 53.37

เมื่อพิจารณาช่วงอายุการเก็บตลอด 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทั้งที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลีโพรไพลีน ที่ทุกสภาวะมีแนวโน้มค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บที่มากขึ้น โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส อาจเกิดจากการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยการเปลี่ยนสีนั้นเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์และหมู่อะมิโนของโปรตีน มีผลทำให้เกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (Britnell, 1995)

ตารางที่ 4-37 ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความแตกเปราะ (Fracturability)			
		สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
Al	4	433.24±6.06^{c}	455.87±23.67^{b}	456.77±4.10^{d}	479.29±16.65^{c}
	30	559.95±22.66^{a}	586.30±60.71^{a}	559.85±13.74^{b}	496.67±24.04^{c}
	40	536.85±4.62^{a}	611.72±23.30^{a}	632.34±25.54^{a}	628.64±11.38^{b}
PPl	4	510.51±34.73^{ab}	531.79±14.74^{ab}	476.95±14.31^{cd}	483.86±9.08^{c}
	30	517.51±34.73^{ab}	461.60±16.50^{b}	542.11±23.24^{bc}	564.85±10.55^{b}
	40	457.77±2.05^{bc}	561.90±5.26^{ab}	662.72±27.52^{a}	820.91±4.74^{a}

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-37 สัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความแตกเปราะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลิไพรโพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าความแตกเปราะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีแนวโน้มค่าความแตกเปราะน้อยที่สุด กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์มีการแตกตัวอย่างรวดเร็วเมื่อมีแรงมากระทบ จึงสามารถบอกได้ว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากในแต่ละสัปดาห์ เนื่องจากอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันจากก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ได้ ส่งผลยังคงสภาพของเนื้อสัมผัสไว้ได้ดีกว่าอุณหภูมิอื่น

ตารางที่ 4-38 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณความชื้น (Moisture content) (เปอร์เซ็นต์)			
		สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2^{ns}	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4^{ns}
Al	4	3.59 ± 0.20^{b}	2.90 ± 0.12	4.42 ± 0.35^{abc}	3.87 ± 0.09
	30	4.38 ± 0.16^{a}	4.03 ± 1.03	3.24 ± 0.01^{d}	4.31 ± 0.20
	40	4.44 ± 0.02^{a}	2.99 ± 0.40	3.80 ± 0.03^{cd}	4.40 ± 0.54
PPl	4	3.52 ± 0.00^{b}	3.42 ± 0.12	3.88 ± 0.38^{bcd}	4.10 ± 0.32
	30	4.32 ± 0.17^{a}	4.59 ± 1.02	4.69 ± 0.15^{a}	5.12 ± 0.12
	40	4.46 ± 0.10^{a}	4.43 ± 0.39	4.67 ± 0.10^{ab}	4.45 ± 0.14

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-38 ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทุกสภาวะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เก็บอุณหภูมิต่างๆ พบว่า ปริมาณความชื้นในทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าชนิดบรรจุภัณฑ์ คือ อะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลิโพรไพลีน มีการป้องกันการซึมผ่านความชื้นภายนอกได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฏชา เปี่ยมคล้า (2547) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทอดทุเรียนสุก พบว่า อลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และออกซิเจนได้ดีทำให้ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบมีการดูดกลับความชื้นได้เพียงเล็กน้อย และงานวิจัยของ ปสรร ถิรกวิน และจุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ (2553) ศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทุเรียนทอดกรอบ พบว่าทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานเป็นเวลา 30 วัน โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนทุเรียนทอดกรอบซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องไม่เกินร้อยละ 6

เมื่อพิจารณาช่วงอายุการเก็บตลอด 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในทุกสภาวะการเก็บรักษาไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4-39 ค่าแอกติวิตีของน้ำ (Water activity) ที่อุณหภูมิ 25.4 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าแอกติวิตีของน้ำ			
		สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
Al	4	0.33 ± 0.01^{b}	0.32 ± 0.00^{c}	0.31 ± 0.00^{c}	0.30 ± 0.00^{d}
	30	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{cd}	0.29 ± 0.00^{d}
	40	0.34 ± 0.01^{ab}	0.34 ± 0.00^{b}	0.35 ± 0.00^{b}	0.35 ± 0.00^{c}
PPl	4	0.30 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{d}	0.28 ± 0.00^{e}
	30	0.32 ± 0.00^{b}	0.39 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.00^{b}
	40	0.36 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.01^{a}	0.39 ± 0.00^{a}	0.40 ± 0.00^{a}

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-39 เมื่อพิจารณาในแต่ละสัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในถุงโพลีนโพรไพลีนเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีค่าแอกติวิตีของน้ำแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าแอกติวิตีของน้ำสูงสุดคือ 0.36 0.39 0.39 และ 0.40 ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นที่สูงในแต่ละสัปดาห์

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสอง เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีแนวโน้มค่าแอกติวิตีของน้ำต่ำกว่า เนื่องจากการถุงอลูมิเนียมฟอยล์จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอก แต่โพลิโพรไพลีนมีการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ ทำให้ค่าแอดติวิตีของน้ำสูงขึ้น (ณัฏชา เปี่ยมคล้า, 2547)

ตลอดการเก็บ 4 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในทุกสภาวะล้วนมีค่าแอกติวิตีของน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่มากขึ้น

ตารางที่ 4-40 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (A.V.) ของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม)			
		สัปดาห์ 1^{ns}	สัปดาห์ 2^{ns}	สัปดาห์ 3^{ns}	สัปดาห์ 4^{ns}
Al	4	0.37 ± 0.03	0.43 ± 0.02	0.35 ± 0.00	0.40 ± 0.01
	30	0.37 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.37 ± 0.03	0.39 ± 0.01
	40	0.37 ± 0.02	0.42 ± 0.02	0.43 ± 0.08	0.40 ± 0.00
PPl	4	0.40 ± 0.01	0.39 ± 0.05	0.37 ± 0.03	0.40 ± 0.00
	30	0.42 ± 0.02	0.45 ± 0.05	0.39 ± 0.00	0.40 ± 0.02
	40	0.44 ± 0.00	0.39 ± 0.00	0.40 ± 0.01	0.39 ± 0.01

^{ns} หมายถึง ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-40 ชนิดบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยตลอดการเก็บ 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทุกสภาวะมีปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม่มีการสลายตัวของไตรกลีเซอรอลไปเป็นกรดไขมันอิสระ ทำให้ไม่เกิดการเร่งปฏิกิริยา Hydrolytic rancidity ของไขมันหรือน้ำมัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการหืนช้า (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

และตลอด 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นไม่เกินค่าตามมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับผู้บริโภค คือ ไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม (มอก. 176, 2519)

ตารางที่ 4-41 ค่าเปอร์ออกไซด์ (P.V.)ของผลิตภัณฑ์ขนมทอดกรอบในอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (P.V.) (มิลลิกรัมสมมูลย์ของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมน้ำมันตัวอย่าง)			
		สัปดาห์ 1^{ns}	สัปดาห์ 2^{ns}	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
Al	4	5.21 ± 0.00	7.59 ± 0.15	7.86 ± 0.28^{e}	10.24 ± 0.99^{bcd}
	30	4.77 ± 0.05	8.13 ± 0.72	10.51 ± 0.39^{cd}	13.75 ± 1.12^{b}
	40	4.53 ± 0.09	10.45 ± 0.11	13.30 ± 0.60^{b}	17.64 ± 0.61^{a}
PPI	4	5.46 ± 0.52	5.03 ± 0.20	9.55 ± 0.18^{de}	7.60 ± 0.74^{d}
	30	2.68 ± 0.53	5.91 ± 1.94	11.58 ± 1.03^{bc}	9.55 ± 2.05^{cd}
	40	4.18 ± 0.29	6.83 ± 1.88	15.47 ± 0.25^{a}	12.93 ± 0.15^{bc}

^{a,b,c,d,e} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-41 ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ในทุกสภาวะมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) เป็นค่าที่ชี้บ่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เพราะเปอร์ออกไซด์เป็นอินเตอร์มีเดียของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) และเมื่อพิจารณาค่าเปอร์ออกไซด์ในสัปดาห์ถัดไปมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนมทอดกรอบมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์

และเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนมทอดกรอบบรรจุบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกสัปดาห์บรรจุภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจะมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้นจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับผู้บริโภค คือ ไม่เกินค่า 10 มิลลิกรัมมสมมูลเปอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม (มอก. 176, 2519) โดยสัปดาห์ที่ 3 บรรจุภัณฑ์เก็บที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนมทอดกรอบเกิดกลิ่นหืนมากแล้ว

ตารางที่ 4-42A คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 1

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนความชอบ						
		ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความกรอบ^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
Al	4	7.33 ± 1.04	7.23 ± 1.28	6.73 ± 1.00	6.63 ± 1.14	6.47 ± 1.02	6.63 ± 1.05	6.87 ± 0.88
	30	7.33 ± 1.01	7.20 ± 1.05	7.10 ± 1.16	7.03 ± 1.17	6.27 ± 1.03	6.53 ± 1.02	6.93 ± 1.00
	40	7.20 ± 0.87	7.20 ± 1.17	7.00 ± 1.24	7.30 ± 1.22	6.47 ± 1.20	6.43 ± 1.20	7.03 ± 1.05
PPI	4	7.70 ± 0.93	6.93 ± 1.00	7.00 ± 0.97	7.07 ± 1.12	6.37 ± 0.84	6.60 ± 0.88	6.87 ± 0.81
	30	7.27 ± 1.12	7.17 ± 1.00	6.77 ± 1.26	6.83 ± 1.00	6.43 ± 1.26	6.40 ± 1.11	6.77 ± 1.17
	40	7.13 ± 1.15	6.73 ± 1.26	7.07 ± 0.96	6.93 ± 1.18	6.23 ± 1.02	6.30 ± 1.37	6.70 ± 1.32

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4-43A ระดับความเข้มของคุณลักษณะแบบ QDA* ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 1

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของคุณลักษณะ				
		สีเหลือง-น้ำตาล^{ns}	กลิ่นขนุน^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}	ความกรอบ^{ns}	รสขนุน^{ns}
Al	4	3.31 ± 1.03	3.42 ± 1.98	2.08 ± 1.35	3.98 ± 2.51	3.60 ± 2.24
	30	3.90 ± 1.89	3.71 ± 1.30	2.48 ± 1.30	5.21 ± 1.68	3.53 ± 1.06
	40	3.18 ± 1.50	3.47 ± 1.36	2.28 ± 1.33	4.71 ± 1.41	2.78 ± 1.70
PPl	4	3.92 ± 0.85	2.94 ± 0.88	2.01 ± 1.29	5.21 ± 1.27	3.62 ± 1.20
	30	3.67 ± 0.99	2.99 ± 1.07	2.02 ± 1.25	3.85 ± 1.54	2.78 ± 1.11
	40	3.29 ± 1.10	2.53 ± 1.31	2.01 ± 1.43	3.98 ± 1.43	2.83 ± 1.50

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

* ใช้สเกลเส้นตรงยาว 10 เซนติเมตร

พิจารณาตารางที่ 4-42A ร่วมกับตารางที่ 4-43A พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบทุกสภาวะการเก็บรักษาที่ 1 สัปดาห์ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยความชอบทางด้านประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการทดสอบ QDA ด้านสีเหลือง-น้ำตาล และ ด้านกลิ่นหืนจะพบว่าผู้บริโภคให้ระดับความเข้มของคุณลักษณะทั้งสองด้านน้อย แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบมีการเกิดลักษณะผิวสีน้ำตาลและมีกลิ่นหืนน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการหาปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ที่มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และการทดสอบแบบ 9-point hedonic โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ถึง ปานกลาง

สำหรับกลิ่นขนุน พบว่าผู้บริโภคยังให้ระดับความเข้มน้อย เนื่องมาจากในการเตรียมขั้นต้นขนุนผ่านการลวกทำให้สูญเสียกลิ่นขนุนไป สอดคล้องกับผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 4-42B คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 2

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนความชอบ						
		ลักษณะปรากฏ	สี^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความกรอบ	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
Al	4	6.40 ± 1.33^{a}	6.67 ± 1.42	5.39 ± 1.36^{ab}	6.57 ± 1.63^{ab}	5.50 ± 1.61^{abc}	5.70 ± 1.37^{ab}	6.20 ± 1.19^{ab}
	30	5.87 ± 1.56^{a}	6.33 ± 1.53	6.03 ± 1.66^{a}	5.97 ± 1.85^{bc}	5.53 ± 1.52^{ab}	5.63 ± 1.40^{ab}	6.03 ± 1.70^{ab}
	40	5.03 ± 1.94^{b}	5.43 ± 2.03	5.43 ± 1.78^{b}	5.73 ± 1.84^{c}	5.80 ± 1.62^{ab}	6.07 ± 1.44^{a}	5.93 ± 1.55^{b}
PPI	4	5.80 ± 1.76^{ab}	5.90 ± 1.85	6.67 ± 1.04^{a}	7.10 ± 1.01^{a}	6.13 ± 1.28^{a}	6.00 ± 1.15^{a}	6.73 ± 0.96^{a}
	30	6.13 ± 1.43^{a}	6.30 ± 1.64	5.97 ± 1.70^{ab}	6.40 ± 1.74^{abc}	5.10 ± 1.47^{bc}	5.10 ± 1.66^{b}	5.63 ± 1.33^{b}
	40	5.70 ± 2.24^{ab}	6.17 ± 2.22	5.20 ± 1.96^{b}	5.73 ± 1.96^{b}	4.90 ± 1.90^{c}	5.13 ± 1.91^{b}	5.50 ± 1.95^{b}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4-43B ระดับความเข้มของคุณลักษณะแบบ QDA* ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 2

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของคุณลักษณะ				
		สีเหลือง-น้ำตาล	กลิ่นขนุน^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}	ความกรอบ^{ns}	รสขนุน^{ns}
Al	4	5.68 ± 1.94^{ab}	4.22 ± 2.45	4.15 ± 2.07	6.58 ± 6.58	4.55 ± 2.59
	30	6.67 ± 6.67^{a}	5.02 ± 2.34	5.17 ± 2.10	6.01 ± 2.22	5.19 ± 2.77
	40	5.12 ± 2.16^{abc}	5.22 ± 3.22	4.26 ± 3.23	5.76 ± 2.64	5.58 ± 3.47
PPl	4	5.14 ± 2.06^{abc}	4.62 ± 2.78	3.52 ± 1.56	4.75 ± 2.34	5.72 ± 2.72
	30	4.15 ± 1.87^{bc}	4.02 ± 2.57	5.79 ± 2.65	6.32 ± 2.25	4.35 ± 4.35
	40	3.50 ± 2.19^{c}	4.32 ± 2.22	5.66 ± 2.29	6.05 ± 3.08	3.99 ± 2.23

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

* ใช้สเกลเส้นตรงยาว 10 เซนติเมตร

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-42B พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในโพลิโพรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้าน เนื้อสัมผัส ความกรอบ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนสูงที่สุด คือ 6.67 7.10 6.13 6.00 และ6.73 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ถึง ชอบปานกลาง ซึ่งด้านความกรอบสอดคล้องกับการวัดค่าความแตกเปราะ แสดงว่าผู้บริโภคสนใจลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบมาก

และเมื่อพิจารณาตารางที่ 4-43B ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ QDA พบว่าผู้บริโภคยังไม่สามารถบอกความแตกต่างจากคุณลักษณะที่กำหนดต่อผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่มีสภาวะการเก็บรักษาต่างกันได้ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีระดับกลิ่นขนุน กลิ่นหืน ความกรอบ และรสขนุนใกล้เคียงกัน โดยกลิ่นหืนอยู่ในระดับต่ำสอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าเปอร์ออกไซด์ที่ยังค่าไม่เกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4-42C คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonicของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 3

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนความชอบ						
		ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	ความกรอบ	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม
Al	4	6.80 ± 1.22^{b}	6.70 ± 1.13^{b}	6.50 ± 1.43^{bc}	6.93 ± 1.18^{ab}	6.13 ± 1.33	6.23 ± 1.45	6.50 ± 1.23^{bc}
	30	6.90 ± 1.11^{b}	6.80 ± 1.08^{ab}	6.90 ± 1.01^{ab}	7.20 ± 0.95^{a}	6.60 ± 1.11	6.70 ± 1.10	6.97 ± 1.05^{a}
	40	6.77 ± 1.12^{b}	6.73 ± 1.06^{b}	6.80 ± 1.11^{ab}	7.30 ± 0.82^{a}	6.47 ± 1.23	6.50 ± 1.18	6.77 ± 1.09^{ab}
PPI	4	7.37 ± 0.98^{a}	7.23 ± 1.09^{a}	7.07 ± 1.06^{a}	7.30 ± 1.00^{a}	6.60 ± 1.11	6.60 ± 1.05	7.00 ± 0.89^{a}
	30	5.97 ± 1.45^{c}	5.08 ± 1.05^{c}	6.30 ± 0.69^{c}	6.70 ± 0.78^{b}	6.37 ± 1.08	6.40 ± 1.20	6.30 ± 0.94^{c}
	40	6.67 ± 1.14^{b}	6.33 ± 1.27^{b}	6.50 ± 0.89^{bc}	6.63 ± 0.89^{b}	6.57 ± 0.96	6.47 ± 0.96	6.67 ± 0.65^{abc}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4-43C ระดับความเข้มของคุณลักษณะแบบ QDA* ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 3

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของคุณลักษณะ				
		สีเหลือง-น้ำตาล	กลิ่นขนุน^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}	ความกรอบ^{ns}	รสขนุน^{ns}
Al	4	4.83 ± 1.50^{bc}	3.01 ± 1.59	1.68 ± 1.23	4.69 ± 1.37	2.97 ± 1.48
	30	4.71 ± 1.76^{bc}	3.01 ± 1.57	1.69 ± 1.67	6.33 ± 1.22	3.26 ± 1.83
	40	4.24 ± 1.28^{c}	2.86 ± 1.38	2.05 ± 2.08	5.85 ± 0.98	3.22 ± 1.94
PPl	4	4.35 ±1.48^{c}	3.89 ± 1.64	1.81 ± 1.54	5.71 ± 1.39	3.59 ± 1.59
	30	6.47 ± 1.15^{a}	3.05 ± 2.02	2.11 ± 1.78	5.02 ± 1.67	3.57 ± 1.76
	40	5.57 ± 1.39^{ab}	2.94 ± 1.53	1.86 ± 1.74	5.34 ± 1.55	3.06 ± 1.92

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

* ใช้สเกลเส้นตรงยาว 10 เซนติเมตร

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

จากตารางที่ 4-42C พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุในโพลิโพรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบโดยรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนสูงที่สุด คือ 7.37 7.23 7.07 7.30และ7.00 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง โดยความกรอบสอดคล้องกับการวัดค่าความแตกเปราะ แสดงว่าผู้บริโภคมีความสนใจผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบด้านความกรอบมาก

จากตารางที่ 4-43C โดยการทดสอบ QDA พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละสภาวะการเก็บได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาระดับความเข้มด้านกลิ่นหืนอยู่ในระดับน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับปริมาณเปอร์ออกไซด์ พบว่า ผู้บริโภคยังไม่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นหืนได้ ถึงแม้ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณเปอร์ออกไซด์สูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อยแล้วก็ตาม

ตารางที่ 4-42D คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 4

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนความชอบ						
		ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความกรอบ	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม
Al	4	7.00 ± 1.03^{ab}	7.17 ± 1.16^{a}	6.97 ± 1.08	7.27 ± 1.00^{ab}	6.80 ± 0.83	6.73 ± 0.93	7.30 ± 0.78^{a}
	30	7.03 ± 1.08^{ab}	7.23 ± 0.96^{a}	7.03 ± 1.14	7.33 ± 0.83^{a}	6.40 ± 1.08	6.53 ± 0.92	7.00 ± 1.00^{a}
	40	6.27 ± 1.24^{c}	6.33 ± 1.32^{b}	6.60 ± 1.23	6.77 ± 1.17^{abc}	6.23 ± 1.09	6.20 ± 1.11	6.50 ± 1.02^{b}
PPI	4	7.27 ± 1.00^{a}	7.03 ± 1.43^{a}	6.80 ± 1.56	6.80 ± 1.56^{abc}	6.60 ± 0.95	6.70 ± 1.27	7.07 ± 1.26^{a}
	30	6.57 ± 1.17^{bc}	6.40 ± 1.47^{b}	6.50 ± 0.99	6.50 ± 0.99^{c}	6.40 ± 1.14	6.47 ± 1.06	6.40 ± 1.05^{b}
	40	6.33 ± 1.07^{c}	6.20 ± 1.40^{b}	6.77 ± 1.31	6.77 ± 1.31^{bc}	6.57 ± 1.26	6.60 ± 1.26	6.30 ± 1.16^{b}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPI หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4-43D ระดับความเข้มของคุณลักษณะแบบ QDA* ของขนุนแผ่นทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน (polypropylene) ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ สัปดาห์ที่ 4

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของคุณลักษณะ				
		สีเหลือง-น้ำตาล^{ns}	กลิ่นขนุน^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}	ความกรอบ^{ns}	รสขนุน^{ns}
Al	4	5.16 ± 1.65	4.01 ± 2.12	3.18 ± 2.44	6.44 ± 1.83	3.87 ± 1.80
	30	4.24 ± 1.58	3.36 ± 2.55	2.80 ± 2.14	5.69 ± 2.34	4.05 ± 2.09
	40	4.56 ± 2.08	3.09 ± 1.98	2.91 ± 2.25	5.11 ± 2.49	3.28 ± 2.43
PPl	4	5.54 ± 1.83	4.05 ± 2.50	3.53 ± 2.67	6.24 ± 2.11	3.96 ± 2.31
	30	5.19 ± 1.19	4.14 ± 2.61	2.80 ± 2.20	6.20 ± 1.53	4.37 ± 1.83
	40	5.23 ± 2.10	4.20 ± 2.47	3.31 ± 2.11	6.26 ± 1.64	4.31 ± 1.99

^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Al หมายถึง อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

PPl หมายถึง ถุงพลาสติกชนิดใสโพลีโพรไพลีน

* ใช้สเกลเส้นตรงยาว 10 เซนติเมตร

จากตารางที่ 4-42D พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบบรรจุโพลิโพรไพลีน เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดคือ 7.27 7.03 และ 7.07 ตามลำดับ แต่ไม่ต่างจากที่บรรจุในอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตที่ 4 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาการทดสอบ QDA จากตารางที่ 4-43D พบว่าความเข้มของคุณลักษณะด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์ทุกสภาวะการเก็บไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาด้านกลิ่นหืนพบว่าผู้บริโภคให้ค่ามาก ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าเปอร์ออกไซด์ที่สูงเกินมาตรฐานด้านอุตสาหกรรม

4.6.2 ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และการใช้สารดูดความชื้นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบในระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองขั้นตอนนี้ต้องการศึกษาผลของปัจจัย คือ ชนิดบรรจุภัณฑ์ การใช้และไม่ใช้สารดูดความชื้นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผลิตได้ในระหว่างการเก็บรักษา จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) พบว่า ในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ การใช้และไม่ใช้สารดูดความชื้นมีอิทธิพลร่วมต่อค่าคุณภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันของการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์ ดังตารางที่ 4-44 โดยในสัปดาห์ที่ 1 มีผลต่อค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง ค่าความชอบด้านลักษณะปรากฏและความชอบสี สัปดาห์ที่ 2 มีผลต่อค่า a_w ค่าสี L* a* b* และความชอบสี สัปดาห์ที่ 3 มีผลต่อค่า a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* และ b* และในสัปดาห์ที่ 4 มีผลต่อค่า a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* b* และค่าความแข็ง และจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบทุกสัปดาห์ เป็น

เวลา 4 สัปดาห์ เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4-45 ถึง 4-49

ตารางที่ 4-44 สรุปผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่แปรปัจจัยด้านชนิดบรรจุภัณฑ์ (Type) และสารดูดความชื้น (Absorb)

ค่าคุณภาพ	Type	Absorb	Type*Absorb
สัปดาห์ที่ 1			
ค่า a_w	ns	*	ns
ปริมาณความชื้น	ns	ns	ns
ค่าสี L*	*	*	*
ค่าสี a*	*	*	*
ค่าสี b*	*	ns	*
ค่าความแข็ง	*	*	*
อัตราการพอง	*	ns	ns
ความหนาแน่น	*	ns	ns
ความชอบลักษณะปรากฏ	ns	ns	*
ความชอบสี	ns	ns	*
ความชอบรสชาติ	ns	ns	ns
ความชอบเนื้อสัมผัส	*	ns	ns
ความชอบโดยรวม	ns	ns	ns
สัปดาห์ที่ 2			
ค่า a_w	*	*	*
ปริมาณความชื้น	ns	*	ns
ค่าสี L*	*	*	*
ค่าสี a*	*	*	*
ค่าสี b*	*	*	*
ค่าความแข็ง	*	*	ns
อัตราการพอง	*	ns	ns
ความหนาแน่น	*	ns	ns
ความชอบลักษณะปรากฏ	ns	ns	ns
ความชอบสี	ns	ns	*
ความชอบรสชาติ	ns	ns	ns
ความชอบเนื้อสัมผัส	ns	*	ns
ความชอบโดยรวม	ns	ns	ns

* หมายถึง มีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตารางที่ 4-44 สรุปผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่แปรปัจจัยด้านชนิดบรรจุภัณฑ์ (Type) และสารดูดความชื้น (Absorb) (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	Type	Absorb	Type*Absorb
สัปดาห์ที่ 3			
ค่า a_w	*	*	*
ปริมาณความชื้น	*	*	*
ค่าสี L*	*	*	*
ค่าสี a*	*	*	*
ค่าสี b*	*	*	*
ค่าความแข็ง	*	ns	ns
อัตราการพอง	ns	ns	ns
ความหนาแน่น	ns	ns	ns
ความลักษณะปรากฏ	ns	ns	ns
ความสี	ns	ns	ns
ความรสชาติ	ns	*	ns
ความเนื้อสัมผัส	ns	ns	ns
ความชอบโดยรวม	ns	ns	ns
สัปดาห์ที่ 4			
ค่า a_w	*	*	*
ปริมาณความชื้น	*	*	*
ค่าสี L*	*	*	*
ค่าสี a*	*	*	*
ค่าสี b*	*	*	*
ค่าความแข็ง	*	*	*
อัตราการพอง	ns	ns	ns
ความหนาแน่น	ns	ns	ns
ความลักษณะปรากฏ	ns	ns	ns
ความสี	ns	ns	ns
ความรสชาติ	ns	ns	ns
ความเนื้อสัมผัส	ns	ns	ns
ความชอบโดยรวม	ns	ns	ns

* หมายถึง มีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

- ค่า a_w และปริมาณความชื้น

ค่า a_w แสดงถึงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงอายุการเก็บหรือการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ (Chirfe and Buere, 1994) นอกจากนี้ a_w บ่งบอกถึงค่าพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมอาหารที่สำคัญ เมื่อพิจารณาในแง่ของการควบคุมความชื้น เพื่อให้เกิดความคงตัวในอาหารตามที่ต้องการ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และการเสื่อมเสียทางเคมี กายภาพ (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540) จากตารางที่ 4-45 เมื่อนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมาวิเคราะห์ค่า a_w ทุกสัปดาห์ ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 3 และ 4 สัปดาห์ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาใส ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ มีแนวโน้มค่า a_w ต่ำที่สุด

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น แสดงดังตารางที่ 4-46 พบว่ามีแนวโน้มคล้ายคลึงกันกับค่า a_w ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 4 สัปดาห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใสและใช้สารดูดความชื้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีแนวโน้มปริมาณความชื้นต่ำที่สุด

ทั้งนี้เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบไม่ได้ทำการบรรจุแบบสูญญากาศหรือปรับสภาวะบรรยากาศ หรือบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาจมีการรับเอาความชื้นจากสภาพแวดล้อมหรือที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์เองเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้เมื่อเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง สารดูดความชื้นที่ใช้ในโครงงานวิจัยนี้ คือ ซิลิกาเจล ชนิดเม็ดทราย (Silica sand) มีลักษณะเป็นโพรงมีรูพรุน ทำให้มีความสามารถดูดซับความชื้นในภาชนะบรรจุได้ (http://www.silicablue.com, 2010) บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ คือ ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ แม้มีคุณสมบัติที่ช่วยป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำเข้าหรือออกจากถุง ป้องกันความชื้นและแสงที่มีประสิทธิภาพดีกว่า มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำได้ 1.4 g/m^2 /24 h ในขณะที่ถุงพลาสติกชนิด PE ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 1-4 g/m^2 /24 h (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) แต่พบว่ามาสามารถรักษาระดับความชื้นและค่า a_w ไว้ได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ถุงพลาสติกชนิด PE ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากภายในบรรจุภัณฑ์ยังคงมีความชื้นอยู่ หากความชื้นไม่ได้ถ่ายเทออกไปสู่สิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์จะมีโอกาสดูดซับความชื้นไว้ได้ สิ่งทดลองที่มีการใช้สารดูดความชื้นในบรรจุภัณฑ์ด้วย จะมีแนวโน้มปริมาณความชื้นและค่า a_w น้อยกว่าการไม่ใช้สารดูดความชื้น เนื่องจากสารดูดความชื้นสามารถช่วยดูดความชื้นและออกซิเจนบริเวณรอบๆชิ้นอาหารภายในภาชนะบรรจุไว้ได้ (อรวรรณ คงพันธุ์, 2544)

ตารางที่ 4-45 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	0.52±0.01	0.55±0.00	0.54±0.01^{a}	0.53±0.00^{a}	0.53±0.01^{b}
2. LDPE Alu/no Ab	0.52±0.01	0.55±0.00	0.54±0.00^{a}	0.54±0.00^{a}	0.56±0.00^{a}
3. PE /Ab	0.52±0.01	0.53±0.00	0.50±0.01^{b}	0.51±0.00^{b}	0.51±0.00^{c}
4. PE /no Ab	0.52±0.01	0.55±0.00	0.51±0.01^{b}	0.51±0.00^{b}	0.50±0.00^{c}

$^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-46 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	11.71±0.13	11.76±0.02	11.15±0.21	14.62±0.30^{b}	14.76±0.05^{b}
2. LDPE Alu/no Ab	11.71±0.13	12.06±0.04	12.73±0.13	16.65±0.28^{a}	16.64±0.02^{a}
3. PE /Ab	11.71±0.13	11.44±0.53	11.25±0.03	13.27±0.11^{d}	13.06±0.02^{d}
4. PE /no Ab	11.71±0.13	11.66±0.15	12.25±0.29	14.10±0.09^{c}	14.16±0.02^{c}

$^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

-ค่าสี (L* a* และ b*)

จากตารางที่ 4-47 พบว่า ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส มีค่า L* มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากที่สุด ในขณะที่การใช้ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีค่า a* และ b* มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีสีเข้มและยังคงความเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ PE เป็นถุงชนิดใสยอมให้แสงสามารถส่องผ่านมายังผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ฟิล์ม PE มีอัตราการยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้มากกว่า ฟิล์ม LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟลอยด์ จึงเพิ่มโอกาสให้เกิดปฏิกิริยาของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองแก่ขนุนมีสมบัติไม่คงตัวต่อออกซิเจนและแสง จึงถูกทำลายได้ง่าย (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540) ทำให้ขนุนอบกรอบมีแนวโน้มสีซีดจางลงมากกว่าสิ่งทดลองอื่นซึ่งใช้ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์

ตารางที่ 4-47 ค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	56.14±0.39	57.02±0.33[b]	54.54±0.14[c]	51.26±0.12[b]	47.21±0.18[b]
2. LDPE Alu/no Ab	56.14±0.39	50.23±0.20[c]	51.13±0.14[c]	45.13±0.18[c]	49.66±0.08[b]
3. PE /Ab	56.14±0.39	64.05±0.08[a]	64.60±0.18[a]	64.18±0.12[a]	62.96±0.12[a]
4. PE /no Ab	56.14±0.39	63.09±0.17[a]	63.09±0.71[a]	64.14±0.16[a]	61.25±0.12[a]

[a, b, c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-48 ค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	16.18±0.21	16.80±0.25[a]	12.27±0.11[a]	14.10±0.16[a]	12.27±0.01[a]
2. LDPE Alu/no Ab	16.18±0.21	14.54±0.14[b]	13.80±0.01[a]	14.06±0.09[a]	12.84±0.11[a]
3. PE /Ab	16.18±0.21	7.84±0.10[c]	7.13±0.10[b]	6.94±0.06[b]	6.62±0.23[c]
4. PE /no Ab	16.18±0.21	7.96±0.12[c]	6.68±0.41[c]	5.63±0.12[c]	9.02±0.62[b]

[a, b, c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-49 ค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	34.95±0.01	58.81±0.41[a]	40.78±0.96[a]	40.94±0.30[a]	38.81±0.55[a]
2. LDPE Alu/no Ab	34.95±0.01	60.05±2.02[a]	44.59±0.67[a]	35.57±0.46[b]	35.99±0.45[b]
3. PE /Ab	34.95±0.01	48.70±0.25[b]	35.11±0.58[c]	37.95±0.26[b]	36.08±0.34[b]
4. PE /no Ab	34.95±0.01	47.09±0.10[b]	39.51±0.22[b]	37.12±0.21[b]	31.911±0.29[c]

[a, b, c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

- ค่าความแข็ง

จากตารางที่ 4-50 พบว่า ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส่ร่วมกับการใช้สารดูดความชื้นยังคงรักษาเนื้อสัมผัสด้านความแข็งไว้ได้มากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก PE เป็นถุงชนิดที่ยอมให้แสงและอากาศส่องผ่านถ่ายเทมายังผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ จึงมีโอกาสทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับแสงและอากาศทำให้ขนุนอบกรอบซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบเกิดการเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ในขณะให้ความร้อนในการอบน้ำที่แทรกอยู่จะมีผลทำให้เกิดเจลและคุณสมบัติเจลนี้จะเปลี่ยนแปลงไปถ้าอยู่ในสภาวะอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เกิดเจลโดยส่วนประกอบของแป้งโดยเฉพาะส่วนอไมโลเพคตินจะเกิดตะกอนขุ่น มีลักษณะแข็งขึ้นจึงทำให้ตัวอย่างยังคงมีความแข็งอยู่ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยจอมขวัญ, 2546) ส่วนการเติมสารดูดออกซิเจนร่วมด้วยอาจเป็นการช่วยลดความชื้นในภาชนะบรรจุลงไปอีกทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มแข็งกว่าสิ่งทดลองที่ไม่เติมสารดูดความชื้น นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LDPE มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสไปมากโดยมีลักษณะเนื้อนิ่มลง (ความแข็งลดลง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก แม้ฟิล์มชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ป้องกันไอน้ำหรือความชื้นจากภายนอกได้ดีกว่าฟิล์มชนิด PE แต่ในภาชนะบรรจุยังคงมีความชื้นอยู่บริเวณ air filled head space ด้วย หากความชื้นที่ไม่ได้ถ่ายเทไปจากภาชนะบรรจุมีโอกาสทำให้เกิดการแพร่ผ่านของโมเลกุลน้ำที่เข้าไปยังส่วน hydrophillic ของอาหารได้ ทำให้เกิดผลข้างเคียงที่เรียกว่า plasticization ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนจากมวลที่แข็งเปราะ (glassy) ไปเป็นมวลที่อ่อนนุ่ม (rubbery) ในที่สุด มีข้อแนะนำว่าในการเก็บรักษาอาหารแห้งหรือขนมขบเคี้ยวหากบรรจุในถุงที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำหรืออากาศ ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาวะบรรยากาศในถุงด้วย เช่น บรรจุก๊าซไนโตรเจนเพื่อป้องกันการเปลี่ยนเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มลง (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540)

-อัตราการพองตัว และความหนาแน่น

จากตารางที่ 4-51 และ 4-52 พบว่า อัตราการพองตัวและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่บรรจุในสภาวะแบบต่างๆ ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 4 ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าลักษณะโครงร่างที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ยังคงรูปร่างอยู่ได้และไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 4-50 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	29.56±0.39	20.30±0.27[c]	19.40±0.25[c]	17.73±0.21[c]	17.61±0.29[c]
2. LDPE Alu/no Ab	29.56±0.39	18.38±0.40[d]	16.55±0.28[d]	12.47±0.31[d]	11.93±0.03[d]
3. PE /Ab	29.56±0.39	26.84±1.22[a]	28.57±0.23[a]	28.57±0.25[a]	29.49±0.24[a]
4. PE /no Ab	29.56±0.39	23.82±1.31[b]	24.40±0.28[b]	23.49±0.60[b]	22.44±0.29[b]

[a, b, c] หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-51 อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1[ns]	สัปดาห์ที่ 2[ns]	สัปดาห์ที่ 3[ns]	สัปดาห์ที่ 4[ns]
1. LDPE Alu/Ab	0.31±0.05	0.34±0.06	0.33±0.10	0.36±0.09	0.34±0.05
2. LDPE Alu/no Ab	0.31±0.05	0.40±0.07	0.39±0.02	0.38±0.05	0.39±0.06
3. PE /Ab	0.31±0.05	0.29±0.16	0.32±0.04	0.31±0.07	0.28±0.07
4. PE /no Ab	0.31±0.05	0.24±0.11	0.28±0.04	0.25±0.10	0.26±0.10

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-52 ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 1[ns]	สัปดาห์ที่ 2[ns]	สัปดาห์ที่ 3[ns]	สัปดาห์ที่ 4[ns]
1. LDPE Alu/Ab	0.57±0.27	0.55±0.18	0.54±0.09	0.50±0.09	0.51±0.07
2. LDPE Alu/no Ab	0.57±0.27	0.48±0.06	0.49±0.08	0.49±0.12	0.46±0.17
3. PE /Ab	0.57±0.27	0.55±0.18	0.52±0.01	0.51±0.10	0.49±0.15
4. PE /no Ab	0.57±0.27	0.47±0.06	0.46±0.05	0.47±0.03	0.45±0.10

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น

PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ทำให้ประเมินได้ว่าผลิตภัณฑ์ยังปลอดภัยสำหรับการบริโภคหรือไม่ จากตารางที่ 4-53 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ให้ผลในช่วงตรวจไม่พบ ถึง 9.2×10^1 CFU/g est. โดยพบแนวโน้มว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบในภาชนะบรรจุถุง LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์และใช้สารดูดความชื้น ตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิด PE ที่ไม่ใช้สารดูดความชื้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 9.2×10^1 CFU/g est.

จากตารางที่ 4-54 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา พบว่าตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ให้ผลในช่วงตรวจไม่พบ ถึง $< 1.1 \times 10^1$ CFU/g est. โดยพบแนวโน้มว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบในภาชนะบรรจุถุง LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์และใช้สารดูดความชื้น ตรวจไม่พบปริมาณยีสต์ รา และพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์และไม่ใช้สารดูดความชื้น ถุงชนิด PE ทั้งที่ใช้และไม่ใช้สารดูดความชื้น มีปริมาณยีสต์ รา เท่ากับ $< 1.0 \times 10^1$ CFU/g est. แต่อย่างไรก็ตามทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรา ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านความปลอดภัยกับผลิตภัณฑ์ที่เทียบเคียง คือ ผลไม้แห้ง ที่กำหนดไว้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU/g เชื้อยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคได้

ตารางที่ 4-53 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลองที่	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2. LDPE Alu/no Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1.2×10^1 est.
3. PE /Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	1.2×10^1 est.	2.5×10^1 est.	5.5×10^1 est.
4. PE /no Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	1.1×10^1 est.	7.0×10^1 est.	9.2×10^1 est.

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น
PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

ตารางที่ 4-54 ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

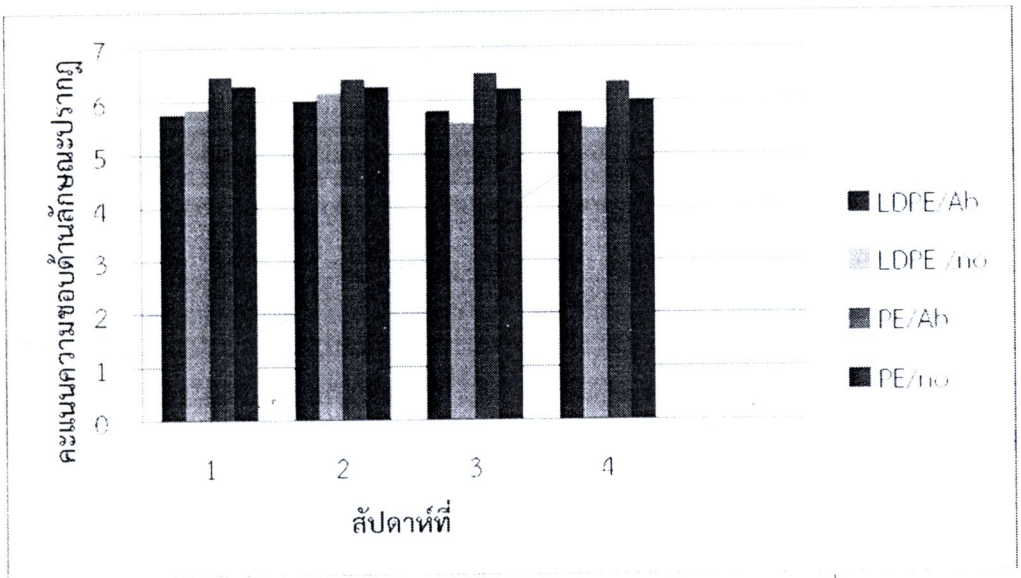
สิ่งทดลองที่	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1. LDPE Alu/Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2. LDPE Alu/no Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	$< 1.0 \times 10^1$ est.
3. PE /Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	$< 1.0 \times 10^1$ est.
4. PE /no Ab	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	$< 1.0 \times 10^1$ est.

LDPE Alu = ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ Ab = ใช้สารดูดความชื้น
PE = ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส no Ab = ไม่ใช้สารดูดความชื้น

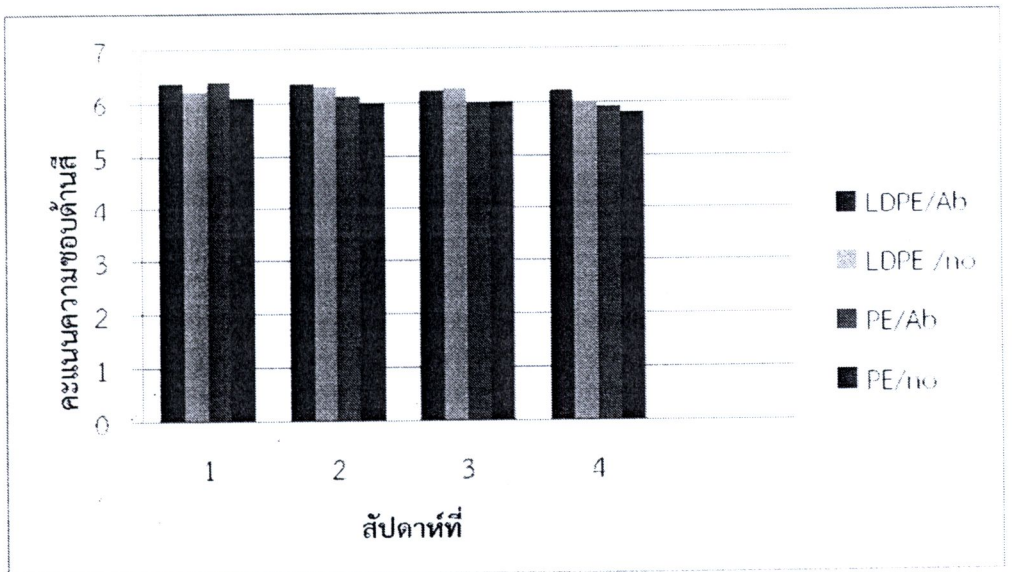
-คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

จากภาพที่ 4-11 ถึง 4-15 พบว่า บรรจุภัณฑ์มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ พบแนวโน้มความชอบด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใส

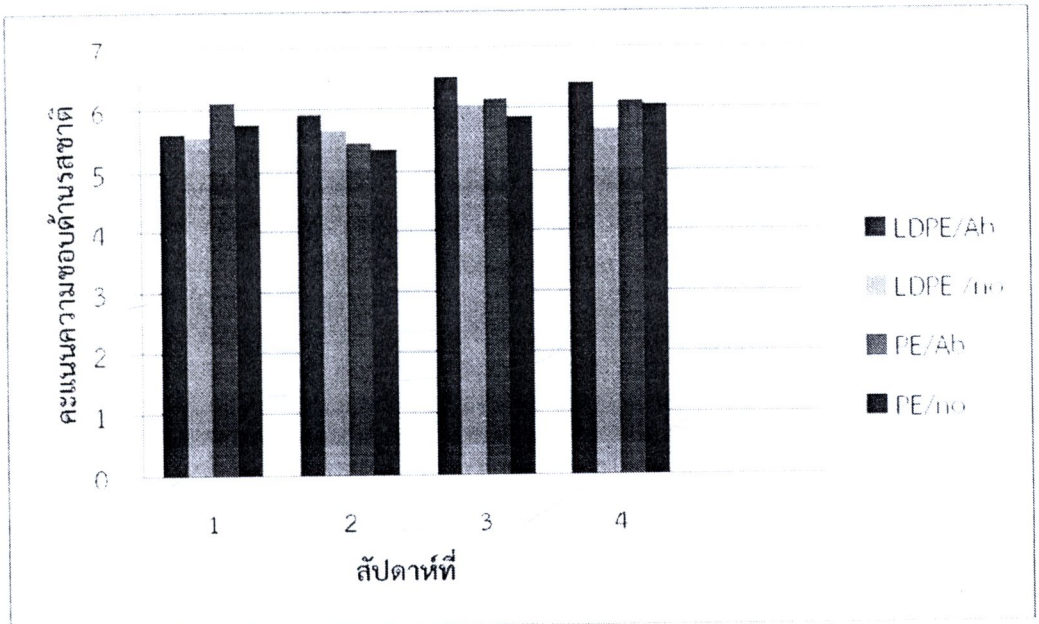
มากกว่าที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LDPE แบบเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์มีลักษณะนิ่มลง อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE มากกว่า อาจเนื่องมาจากมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติชนิด PE สำหรับความชอบด้านรสชาติ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกันตลอดการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนาและใสที่ใช้สารดูดความชื้นได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดตลอดการเก็บรักษ 4 สัปดาห์



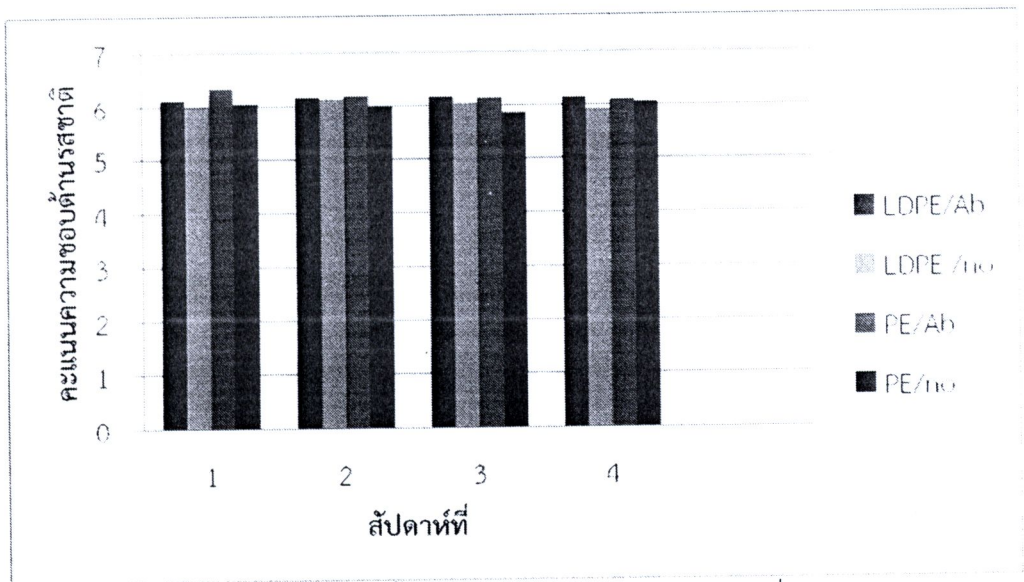
ภาพที่ 4-11 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์



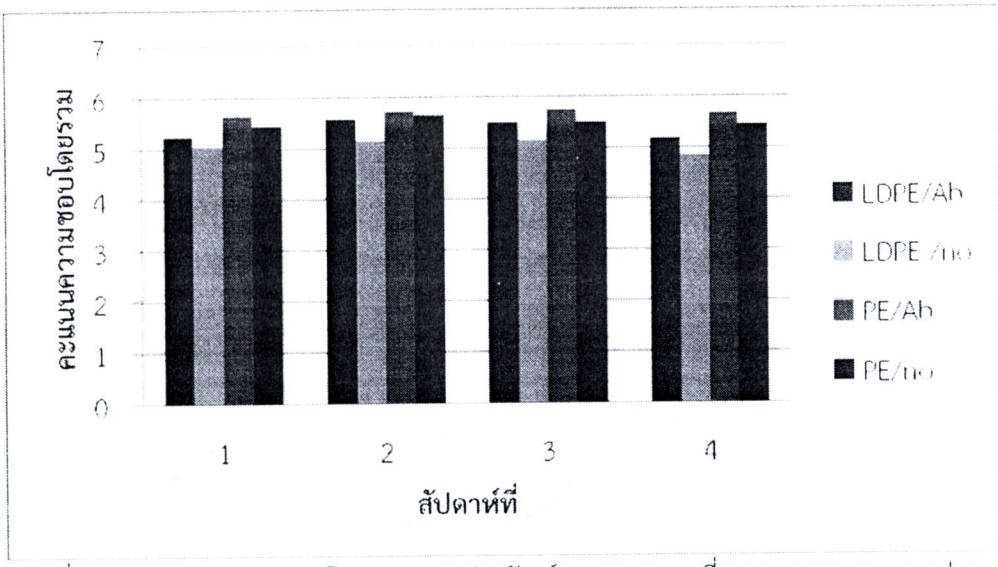
ภาพที่ 4-12 คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 4-13 คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 4-14 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 4-15 คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่สภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์