บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่มีความยาวลำตัวประมาณ 8-10 ซม. และน้ำหนักทั้งเปลือกประมาณ 35-40 กรัมต่อตัว มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อสด *H. asinina* ที่เอาเครื่องในออกแล้ว

คุณภาพ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
องค์ประกอบทางเคมี	
- ความชื้น (%w.b.)	84.60 ± 0.61
- โปรตีน (%w.b.)	10.41 ± 0.27
- ไขมัน (%w.b.)	1.02 ± 0.08
- เถ้า (%w.b.)	1.89 ± 0.04
คุณภาพทางกายภาพ	
- L	64.37 ± 0.07
- a	-1.04 ± 0.07
- b	-1.84 ± 1.00
- ดัชนีความขาว	64.30 ± 0.06
- ค่า a_w	0.987 ± 0.003
- ค่าความแข็ง (gf)	11441.17 ± 1482.37
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	6.00×10^3
- ปริมาณราและยีสต์ (CFU/g)	2.83×10^2
- *Staphylococcus aureus* (CFU/g)	<10
- *Clostridium perfringens* (CFU/g)	ไม่พบ
- *Vibrio* spp. (CFU/g)	7.33×10^2
- Coliforms (MPN/g)	20

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ใช้ในงานวิจัยมีความชื้น 84.60% โปรตีน 10.41% ไขมัน 1.02% และเถ้า 1.89% ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่มีความยาวเปลือกประมาณ 4.72 ± 0.14 ซม. และน้ำหนักทั้งเปลือกประมาณ 20.95 ± 1.11 กรัมต่อตัว มีความชื้น 82.22% โปรตีน 15.31% ไขมัน 0.61% และเถ้า 1.00% (อุบลวรรณ พึ่งฉิม, 2547) หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* มีความชื้น 77.60% โปรตีน 19.40% ไขมัน 0.69% และเถ้า 1.74% (อุบลวรรณ พึ่งฉิม, 2547) ส่วนหอยเป๋าฮื้อที่พบในประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ ชนิด *H. gigantea sieboldii* มีความชื้น 78-83% โปรตีน 12-17% ชนิด *H. gigantea discus* มีความชื้น 78-90% โปรตีน 9.4-17.5% และชนิด *H. gigantea discus hannai* มีความชื้น 72-78% โปรตีน 7.5-12.5% (Takayama *et al.*, 1970) ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสัตว์น้ำที่แตกต่างกันนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิด กายวิภาค ฤดูกาล เพศ แหล่งที่อยู่อาศัย และฤดูกาลวางไข่ เป็นต้น (นงลักษณ์ สุทธิวณิช, 2531) ซึ่งการที่ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อแตกต่างกันจะส่งผลต่อกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏ (Olley and Thrower, 1977)

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* พบว่าหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้มีสีขาวครีม โดยมีค่าความสว่าง (L) 64.37 ค่าความเป็นสีแดง (a) -1.04 ค่าความเป็นสีเหลือง (b) -1.84 และดัชนีความขาว 64.30 ส่วนค่า a_w และความแข็งของหอยเป๋าฮื้อมีค่าเท่ากับ 0.987 และ 11441.17 gf ตามลำดับ หอยเป๋าฮื้อมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รา และยีสต์ *S. aureus* และ *Vibrio* spp. เท่ากับ 6.00×10^3, 2.83×10^2, <10 และ 7.33×10^2 CFU/g ตามลำดับ โคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 20 MPN/g และไม่พบ *Cl. perfringens* ในหอยเป๋าฮื้อสด

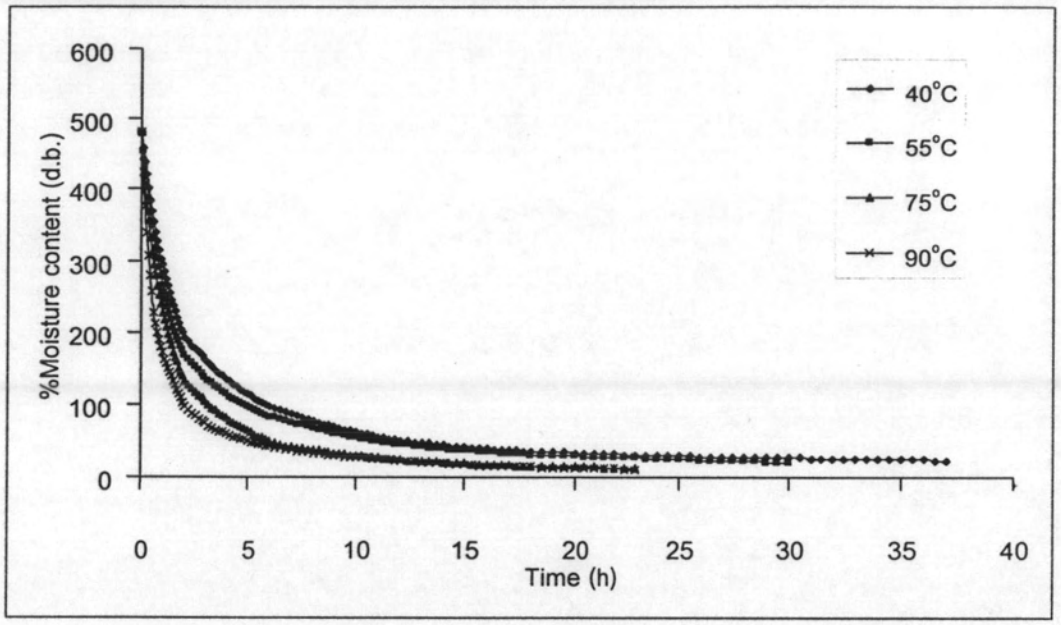
4.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหอยเป๋าฮื้ออบแห้งโดยใช้วิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน

4.2.1 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิขาเข้าคงที่

4.2.1.1 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิขาเข้าคงที่ต่างๆ ต่อคุณภาพทางกายภาพของหอยเป๋าฮื้อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้อในระหว่างการอบแห้ง ที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C จนกระทั่งหอยเป๋าฮื้อมีค่า $a_w \leq 0.70$

(มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2547) เนื่องจากที่ค่า $a_w \leq 0.70$ สามารถที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดได้ โดยเฉพาะรา ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

จากนั้น นำข้อมูลการทดลองทั้ง 4 อุณหภูมิที่ศึกษามาคำนวณอัตราการอบแห้งตามสมการที่ 4.1 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.2

$$\text{อัตราการอบแห้ง (Drying rate)} = M_2\text{-}M_1/t_2\text{-}t_1 \qquad (4.1)$$

เมื่อ M_1 = ปริมาณความชื้น ณ เวลา t_1 (kg/kg, d.b.)

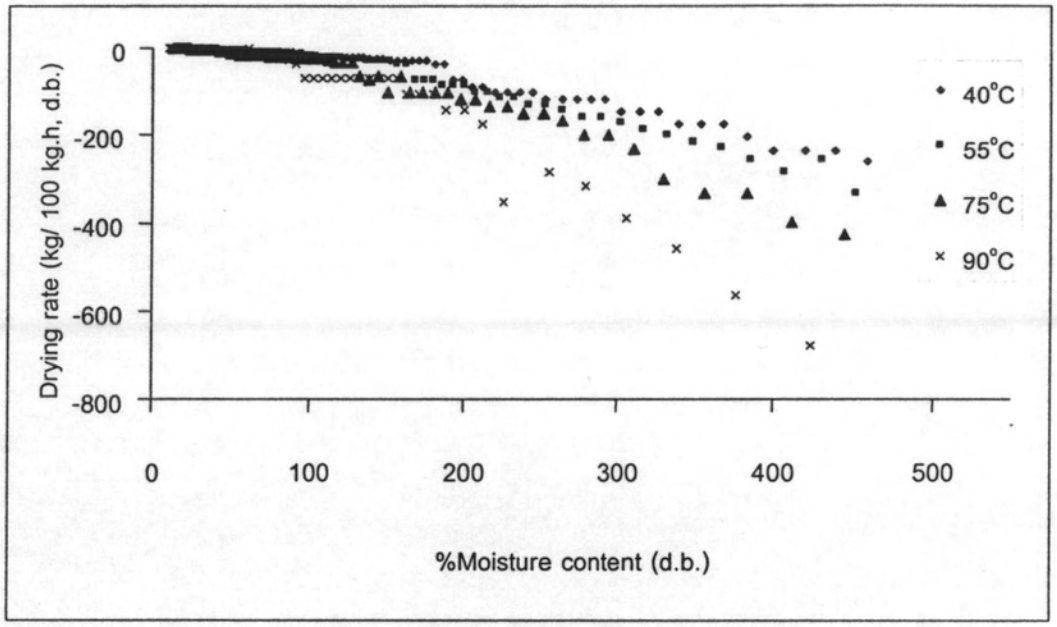
M_2 = ปริมาณความชื้น ณ เวลา t_2 (kg/kg, d.b.)

t_1 = เวลาที่ t_1 (h)

t_2 = เวลาที่ t_2 (h)

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการอบแห้งที่ทุกอุณหภูมิที่ศึกษาสามารถแบ่งช่วงการอบแห้งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (constant rate period drying) และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (falling rate period drying) ในช่วงแรกของการอบแห้ง (ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่) มีอัตราการอบแห้งเร็วขึ้น และในช่วงท้ายของการอบแห้ง (ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง) มีอัตราการอบแห้งสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C มี

อัตราการอบแห้งสูงที่สุด รองลงมา คือ 75 55 และ 40°C ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด



รูปที่ 4.2 อัตราการอบแห้งของหอยเป๋าฮื้อที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

จากการทดลองเวลาในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อที่อุณหภูมิ 40 55 75 และ 90°C จนกระทั่งได้ค่า a_w น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.70 นั้น ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 55 75 และ 90°C ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 33 21 12 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ความชื้นภายในหอยเป๋าฮื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ระยะเวลาอบแห้งสั้นลง เช่นเดียวกับการศึกษาของอัศวิน ชินธรรมมิตร์ (2546) ในการอบแห้งแครอทด้วยลมร้อน พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 50 60 และ 70°C ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	a_w	ปริมาณความชื้น (% w.b.)
40	33	0.701 ± 0.000	19.84 ± 0.14
55	21	0.697 ± 0.002	19.62 ± 0.26
75	12	0.697 ± 0.001	19.55 ± 0.39
90	11	0.700 ± 0.003	19.77 ± 0.34

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งมาวิเคราะห์ค่าสี L a และ b ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสี L a และ b ของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	L	a	b
40	41.08^{b} ± 0.20	2.20^{c} ± 0.50	13.03^{a} ± 1.28
55	44.48^{a} ± 0.85	2.33^{c} ± 0.33	13.13^{a} ± 0.24
75	35.71^{c} ± 0.26	6.17^{a} ± 0.50	10.87^{b} ± 0.53
90	30.55^{d} ± 0.17	5.15^{b} ± 0.72	6.99^{c} ± 0.89

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง (ตารางที่ 4.3) พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ (40 และ 55°C) ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนจากสีขาวครีมเป็นสีเหลืองทอง แต่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูง (75 และ 90°C) ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนจากสีขาวครีมเป็นสีน้ำตาลเข้ม โดยที่อุณหภูมิ 90°C ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำที่สุด และให้ค่าความสว่างต่ำที่สุด รองลงมาคือ 75 40 และ 55°C ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในหอยเป๋าฮื้อ ทำให้หอย

เป้าฮื้อออบแห้งมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (Branen, Davidson, and Salminen, 1990) เช่นเดียวกับงานวิจัยของอัศวิน ชินธรรมมิตร์ (2546) พบว่าเนื้อออกไก่อบแห้งแบบลมร้อนที่ 80°C มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าตัวอย่างอบแห้งที่ 60 และ 70°C ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งสูง มีปริมาณความร้อนสูงกว่า ทำให้เกิดสีน้ำตาลจากความร้อนมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้ง ซึ่งมีปริมาณความร้อนต่ำกว่า ส่วนหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C มีค่าความสว่างสูงกว่าที่อุณหภูมิ 40°C นั้น อาจเกิดจากหอยเป๋าฮื้อที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 40°C หอยเป๋าฮื้ออบแห้งจึงมีสีเหลืองทองมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวันชลี เพ็งพงศา อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2549) ที่ศึกษาการอบแห้งเนื้อหมูปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับปั๊มความร้อน (superheated steam combined with heat pump) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C มีสีเข้มกว่าที่อุณหภูมิ 130 และ 140°C เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 85 นาที ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 140°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 40 และ 30 นาที ตามลำดับ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 120°C จึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 140°C

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งมาคืนรูปโดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมง และหาความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

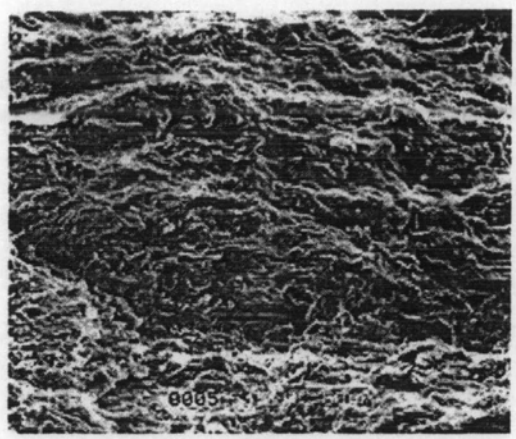
อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ความสามารถในการดูดน้ำคืน (กรัม/กรัมของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง)	ค่าความแข็ง (gf)
40	$1.66^{c} \pm 0.03$	$21596.80^{ab} \pm 6006.14$
55	$1.92^{b} \pm 0.01$	$14679.23^{bc} \pm 2990.09$
75	$1.99^{a} \pm 0.02$	$14131.14^{c} \pm 1829.37$
90	$1.64^{c} \pm 0.03$	$27714.34^{a} \pm 2360.09$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความสามารถในการดูดน้ำคืนของหอยเป๋าฮื้อเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มในช่วง 40-75°C เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้น้ำในหอยเป๋าฮื้อที่มีปริมาณมากระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว จึงเกิดรูพรุนภายในหอยเป๋าฮื้อที่มีขนาดใหญ่กว่าที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้โครงสร้างภายในหอยเป๋าฮื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า เมื่อนำหอยเป๋าฮื้อมาคืนรูป น้ำจึงสามารถซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างที่เป็นรูพรุนได้มากกว่า และส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (อัศวิน ชินธรรมมิตร์, 2546; Nathakaranakule, Kraiwanichkul, and Soponronnarit, 2007) แต่ที่อุณหภูมิ 90°C หอยเป๋าฮื้อมีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้น้ำภายในหอยเป๋าฮื้อระเหยไปอย่างรวดเร็ว จนทำให้โครงสร้างภายในหอยเป๋าฮื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากระหว่างการอบแห้ง ทำให้หอยเป๋าฮื้อคืนรูปยาก ส่งผลให้หอยเป๋าฮื้อคืนรูปมีค่าความแข็งสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของรุ่งทิพย์ ตปนียศิลป์ (2546) ที่ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าคงที่และแบบเป็นขั้นต่อคุณภาพของกุ้งแห้ง พบว่าการอบแห้งกุ้งที่อุณหภูมิ 120°C ทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งรูพรุนนี้อาจไปทำลายโครงสร้างภายในตัวกุ้ง ทำให้น้ำภายในตัวกุ้งเกิดการระเหยออกมาได้เร็วเกินไปในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ โครงสร้างภายในตัวกุ้งเกิดการยุบตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าความแข็งมีค่าสูงสุด

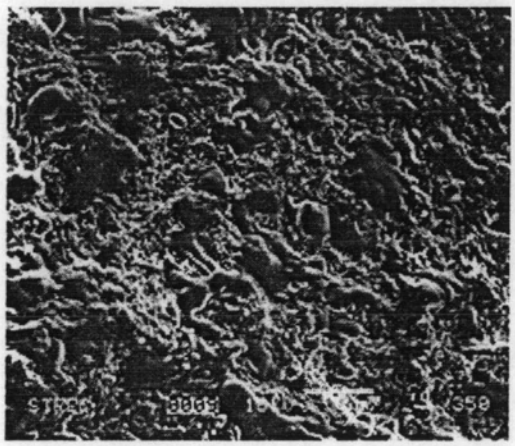
เมื่อพิจารณาภาพตัดตามขวางโครงสร้างของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 350 เท่า (รูปที่ 4.3) พบว่าโครงสร้างเซลล์ของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 90°C (รูปที่ 4.2 a และ d) มีการเสียสภาพอย่างรุนแรง ทำให้เซลล์ยุบตัว และเส้นใยกล้ามเนื้อเกาะกันแน่นไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน ทำลายโปรตีนไมโอไฟบริล และ collagenous connective tissue ทำให้เนื้อเยื่อสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (Nathakaranakule, Kraiwanichkul, and Soponronnarit, 2007) นอกจากนี้หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C (รูปที่ 4.3 c) มีรูพรุนขนาดใหญ่เกิดขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูง ทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลจับตัวกันจนมีลักษณะเป็นโครงสร้างแข็งขึ้น และยิ่งไปกว่านั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ความดันไอภายในหอยเป๋าฮื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้นภายในหอยเป๋าฮื้อ (Nathakaranakule, Kraiwanichkul, and Soponronnarit, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการดูดน้ำคืนที่เพิ่มขึ้น

I23097(4)

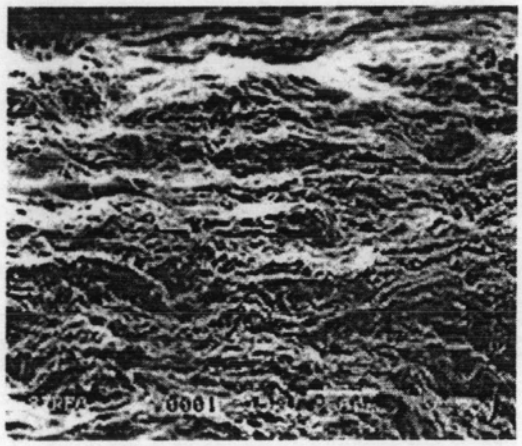


(a)

(b)



(c)



(d)

รูปที่ 4.3 โครงสร้างตัดตามขวางของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

(a) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(b) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(c) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(d) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C ที่กำลังขยาย 350 เท่า

4.2.1.2 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิขาเข้าคงที่ต่างๆ ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของหอยเป้าฮื้อ

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป้าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 40 55 75 และ 90°C ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป้าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ราและยีสต์ (CFU/g)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	*Cl. perfringens* (CFU/g)	*Vibrio spp.* (CFU/g)	*S. aureus* (CFU/g)
40	4.53×10^3	180.00	<3	ND	ND	<10
55	1.29×10^3	107.00	<3	ND	ND	<10
75	6.67×10^2	60.00	<3	ND	ND	<10
90	5.93×10^2	56.70	<3	ND	ND	<10

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ (ตารางที่ 4.5) พบว่าหอยเป้าฮื้ออบแห้งทุกอุณหภูมิ มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดมาตรฐานหอยแห้ง(มผช.310/2547) และมาตรฐานกะปี (มอก. 1080-2535) ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยหอยเป้าฮื้ออบแห้งทุกอุณหภูมิ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.93×10^2 - 4.53×10^3 CFU/g รา และยีสต์ 5.67×10^1 - 1.80×10^2 CFU/g โคลิฟอร์มแบคทีเรีย <3 MPN/g *S. aureus* <10 CFU/g นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบ *Vibrio spp.* และ *Cl. perfringens* ในหอยเป้าฮื้ออบแห้งทุกอุณหภูมิ ดังนั้นหอยเป้าฮื้ออบแห้งจึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ทั้งนี้ พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์จะลดลงหรือไม่พบเลย เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายหรือยับยั้งการเจริญที่อุณหภูมิสูง

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens* และ *S. aureus* เป็นจุลินทรีย์ที่พบในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ มักปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้แหล่งที่อยู่อาศัยของคน

และสัตว์ นอกจากนี้ *S. aureus* ยังเป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ตามผิวหนัง หู ตา คอ จมูก และปากของคน (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548) ซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งได้มาก ดังนั้นในการปฏิบัติงานอย่างถูกสุขลักษณะจะลดโอกาสการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เหล่านี้

4.2.1.3 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิขาเข้าคงที่ต่างๆ ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งและคืนรูปด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การทดสอบทางลักษณะปรากฏและกลิ่นให้ผู้ทดสอบดูและดมกลิ่นในลักษณะของแห้ง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสให้ผู้ทดสอบชิมหอยเป๋าฮื้อที่คืนรูปแล้ว โดยการกัดและคายออก ประเมินผลโดยวิธี QDA with scoring 5 point scale และ Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.6 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะปรากฏ			กลิ่น
	สี	ความเต่งตึง	ความมันวาว	
40	$3.70^{b} \pm 0.70$	$4.03^{a} \pm 0.61$	$3.07^{b} \pm 0.25$	$4.03^{b} \pm 0.61$
55	$4.70^{a} \pm 0.47$	$4.07^{a} \pm 0.45$	$3.47^{a} \pm 0.51$	$4.90^{a} \pm 0.40$
75	$2.53^{c} \pm 0.68$	$2.70^{b} \pm 0.60$	$2.63^{c} \pm 0.53$	$4.63^{ab} \pm 0.49$
90	$1.00^{d} \pm 0.00$	$1.03^{c} \pm 0.18$	$1.37^{d} \pm 0.61$	$3.40^{c} \pm 1.07$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี ความเต่งตึง และความมันวาวของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งและคืนรูปที่อุณหภูมิต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ได้รับคะแนนด้านสี ความเต่งตึง และความมันวาวสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C สูงที่สุด (7.43

คะแนน) รองลงมาคือ หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 40 75 และ 90°C ตามลำดับ (6.53 4.53 และ 2.37 คะแนน ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.8) ในขณะที่หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C มีสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด และความเด่งตึงและความมันวาวน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.6 และ 4.7) ซึ่ง Olley และ Thrower (1977) รายงานว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ดีนั้นควรมีสีเหลืองทอง มันวาว และใส

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C เมื่อคืนรูป

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะปรากฏ		ลักษณะเนื้อสัมผัส		
	สี	ความเด่งตึง	ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความเหนียว
40	$4.00^{b} \pm 0.37$	$4.40^{a} \pm 0.50$	$2.23^{b} \pm 0.77$	$2.20^{c} \pm 0.66$	$1.97^{c} \pm 0.61$
55	$4.37^{a} \pm 0.56$	$4.57^{a} \pm 0.50$	$3.03^{a} \pm 0.76$	$3.10^{b} \pm 0.71$	$3.03^{b} \pm 0.67$
75	$3.13^{c} \pm 0.57$	$3.47^{b} \pm 0.68$	$3.33^{a} \pm 0.71$	$3.73^{a} \pm 0.98$	$3.63^{a} \pm 0.76$
90	$1.30^{d} \pm 0.53$	$2.03^{c} \pm 0.61$	$1.90^{b} \pm 0.92$	$1.83^{c} \pm 0.70$	$1.57^{d} \pm 0.50$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 40 55 75 และ 90°C

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่คืนรูปแล้ว	ความชอบโดยรวม
40	$6.53^{b} \pm 0.73$	$6.80^{a} \pm 0.48$	$5.07^{b} \pm 0.69$	$5.57^{b} \pm 0.82$
55	$7.43^{a} \pm 0.82$	$6.77^{a} \pm 0.73$	$7.13^{a} \pm 0.93$	$6.83^{a} \pm 1.09$
75	$4.53^{c} \pm 0.73$	$7.20^{a} \pm 0.61$	$7.17^{a} \pm 1.12$	$6.60^{a} \pm 0.62$
90	$2.37^{d} \pm 1.19$	$4.30^{b} \pm 1.51$	$4.03^{c} \pm 1.19$	$4.63^{c} \pm 1.03$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กลิ่น อุณหภูมิมีผลทำให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสและคะแนนความชอบด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.6

และ 4.8) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C สูงที่สุด รองลงมาคือ หอยเป๋าฮื้อที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 40 และ 90°C ตามลำดับ เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C มีกลิ่น cooked flavor ที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ซึ่งอุณหภูมิสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนและหมู่รีดิวซ์ของน้ำตาล ในขณะที่หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C ได้รับคะแนนความชอบและคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นต่ำที่สุด เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อมีกลิ่นไหม้

ลักษณะเนื้อสัมผัส คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่น ความแข็งและความเหนียวของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป และคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อคืนรูปแล้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่น ความแข็ง และความเหนียว และคะแนนความชอบของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C สูงที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 55 40 และ 90°C ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้หอยเป๋าฮื้อมีค่าความแข็งลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้หอยเป๋าฮื้อมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เพราะโครงสร้างของเนื้อเยื่อถูกทำลายไปอย่างมาก

ความชอบโดยรวม หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าหอยเป๋าฮื้อที่อบแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ ($p \leq 0.05$) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ได้คะแนนเฉลี่ย 6.83 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าว ทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี ความเต่งตึง ความมันวาว และกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง และคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี ความเต่งตึง ความยืดหยุ่น ความแข็ง และความเหนียวของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ สูง

จากการพิจารณาเกณฑ์ในการคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตหอยเป๋าฮื้ออบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าคงที่ พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นั้นมีค่าความแข็งต่ำกว่า และมีความสามารถในการดูดน้ำคืนมากกว่า ขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมมีค่าต่ำกว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ทั้งนี้เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C มีลักษณะปรากฏด้านสีไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ จึงทำให้ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำ ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงเลือกภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหอยเป๋าฮื้ออบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าคงที่ อย่างไรก็ตาม

จากการทดลองพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C นั้น ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานกว่า ความสามารถในการดูดน้ำคืนน้อยกว่า และค่าความแข็งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 75°C ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อย ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าแบบเป็นขั้น ซึ่งคาดว่าจะช่วยลดเวลาในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อลงได้ อีกทั้งคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคดังกล่าวน่าจะมีคุณภาพที่ดีด้วย

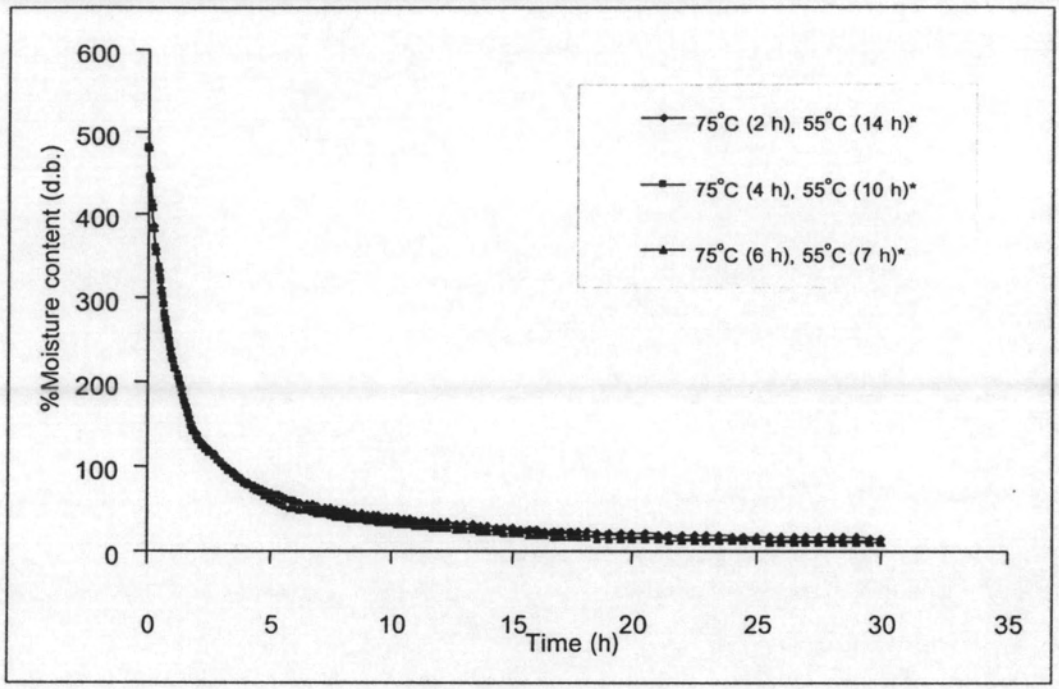
จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น ทำให้สามารถกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่จะใช้ในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้นได้ โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งช่วงแรกสูง เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งในช่วงแรก เนื่องจากช่วงนี้น้ำที่ผิวของหอยเป๋าฮื้อมีปริมาณมากสามารถสัมผัสกับลมร้อนที่อุณหภูมิสูง แล้วจึงเปลี่ยนมาใช้อุณหภูมิต่ำเมื่อการลดปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้อเข้าสู่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จากการทดลอง พบว่าการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยใช้อุณหภูมิคงที่ที่ 75°C ให้อัตราการอบแห้งสูง โดยที่หอยเป๋าฮื้อยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ และการอบแห้งที่ 55°C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับสูงสุด และมีลักษณะปรากฏที่ดี จึงได้กำหนดให้อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรกเท่ากับ 75°C และอุณหภูมิอบแห้งช่วงท้ายเท่ากับ 55°C โดยที่ 75°C มีอัตราการอบแห้งสูงสุดคือ ไม่เกิน 4 ชั่วโมง จากข้อมูลข้างต้นจึงได้กำหนดภาวะในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้น ดังนี้ (1) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C (2) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C และ (3) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 6 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C

4.2.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้น

4.2.2.1 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้นต่อคุณภาพทางกายของหอยเป๋าฮื้อ

จากการทดลองอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าแบบเป็นขั้น โดยแปรภาวะการอบแห้งเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (1) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C (2) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C

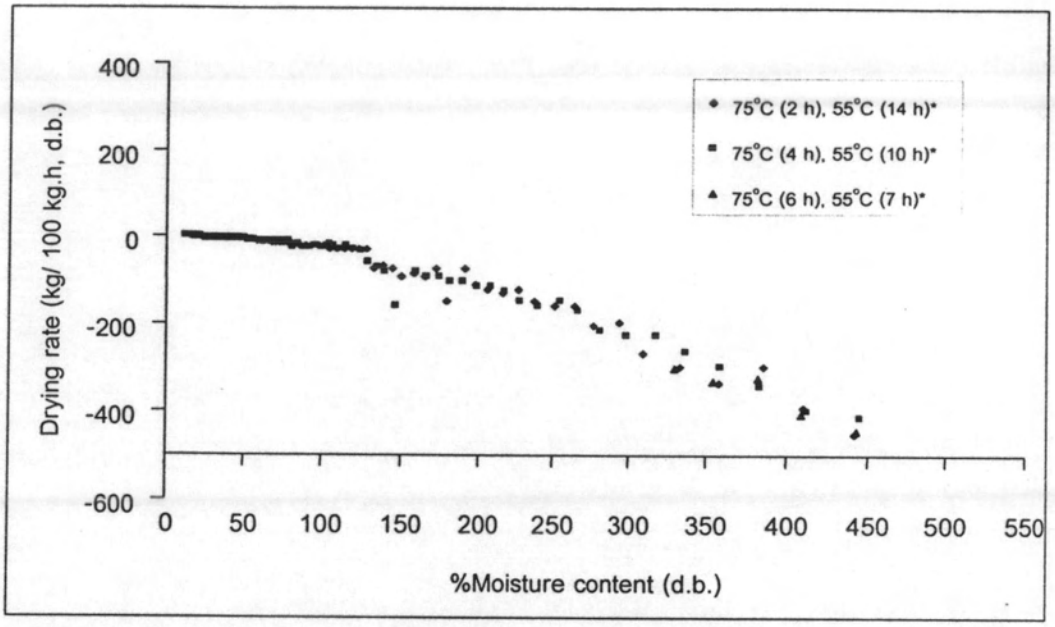
และ (3) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 6 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C จนกระทั่งหอยเป๋าฮื้อมีค่า $a_w \leq 0.70$ ได้ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างการอบแห้งแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้นที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง

จากนั้นนำข้อมูลการทดลองทั้ง 3 ภาวะการอบแห้งมาคำนวณอัตราการอบแห้งตามสมการที่ 4.1 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ภาวะการอบแห้ง มีอัตราการอบแห้งไม่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากอุณหภูมิและเวลามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สี ความสามารถในการดูดน้ำคืน และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ



รูปที่ 4.5 อัตราการอบแห้งของหอยเป๋าฮื้อที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง

จากการติดตามระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ภาวะ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	ระยะเวลาอบแห้งทั้งหมด (ชั่วโมง)	a_w	ปริมาณความชื้น (%)
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	16	0.700 ± 0.003	19.75 ± 0.30
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	14	0.700 ± 0.005	19.76 ± 0.40
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	13	0.700 ± 0.004	19.62 ± 0.26

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากการทดลองพบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะเริ่มต้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C เริ่มต้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C และเริ่มต้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 6

ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C จนกระทั่งได้ค่า $a_w \leq 0.7$ นั้น ต้องใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 16 14 และ 13 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) เนื่องจากที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) เป็นภาวะที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงเป็นเวลานานในช่วงแรกของการอบแห้ง ความชื้นภายในหอยเป๋าฮื้อจึงลดลงอย่างมากและรวดเร็ว ทำให้ใช้เวลาทั้งหมดในการอบแห้งสั้นลง

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าสี L a และ b ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าสี L a และ b ของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	L	a^{ns}	b
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	$41.75^{c} \pm 0.10$	1.13 ± 0.90	$11.78^{b} \pm 0.78$
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	$44.53^{a} \pm 0.34$	2.04 ± 0.34	$14.83^{a} \pm 0.78$
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	$43.60^{b} \pm 0.48$	1.44 ± 0.23	$13.02^{b} \pm 0.98$

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าที่ภาวะการอบแห้งต่างกัน ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) แต่ค่าความเป็นสีแดงไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) และที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) เปลี่ยนจากสีขาวครีมเป็นสีเหลืองทอง สีน้ำตาลปนเหลืองทอง และสีน้ำตาลปนเหลืองทอง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากภาวะการอบแห้งที่ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมดนานกว่าที่ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) และ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) แต่พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) มีสีน้ำตาลปนเหลืองทอง และมีค่าความสว่างต่ำกว่าที 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) อาจเกิดจากในช่วงแรกของการอบแห้ง หอยเป๋าฮื้อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ขึ้น หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ได้จึงมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (Branen *et al.*, 1990; รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2544)

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งมาคืนรูปโดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมง และหาความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูปที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	ความสามารถในการดูดน้ำคืน (กรัม/กรัมของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง)	ค่าความแข็ง (gf)^{ns}
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	2.13^{ab} ± 0.08	14610.29 ± 1565.30
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	2.17^{a} ± 0.04	14597.25 ± 733.97
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	1.96^{b} ± 0.14	14767.82 ± 2115.50

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

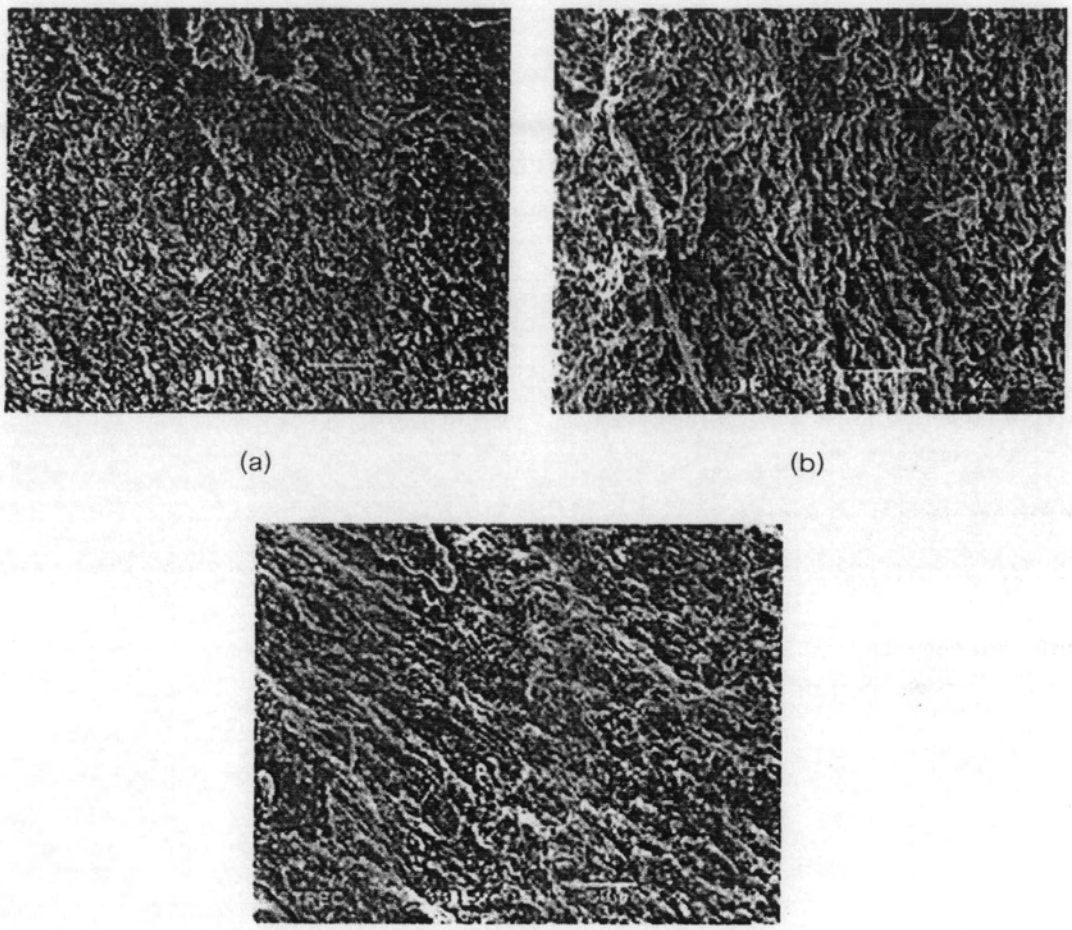
a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าความสามารถในการดูดน้ำคืนของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีค่าสูงสุด รองลงมาคือที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) และที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำในหอยเป๋าฮื้อที่มีปริมาณมากเมื่อตอนเริ่มต้นระเหยออกไปอย่างมากและรวดเร็ว จึงเกิดรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้นภายในเนื้อหอยเป๋าฮื้อ ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งทั้งหมดสั้น ทำให้โครงสร้างภายในเนื้อหอยเป๋าฮื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งมาคืนรูป น้ำจึงสามารถซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างที่เป็นรูพรุนได้มาก ขณะที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) หอยเป๋าฮื้อมีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำสุดนั้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานในช่วงแรกของการอบแห้ง อาจทำให้น้ำภายในหอยเป๋าฮื้อระเหยไปอย่างรวดเร็วจนทำให้โครงสร้างภายในเนื้อหอยเป๋าฮื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก หอยเป๋าฮื้อจึงคืนรูปยาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรุ่งทิพย์ ตปนียศิลป์ (2546) พบว่า กุ้งแห้งที่อุณหภูมิ 120°C นาน 20 นาที แล้วจึงเปลี่ยนมาใช้อุณหภูมิ 70°C มีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 120°C นาน 10 นาที แล้วจึงเปลี่ยนมาใช้อุณหภูมิ 70°C เนื่องจากการใช้อุณหภูมิ 120°C อบแห้งกุ้งเป็นเวลานาน จะทำให้โครงสร้างที่เป็นรูพรุนภายในตัวกุ้งเกิดการยุบตัวลงได้

อย่างไรก็ดี เมื่อนำหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการคืนรูปมาหาค่าความแข็ง (ตารางที่ 4.11) พบว่าที่ภาวะการอบแห้งต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาภาพตัดตามขวางโครงสร้างของหอยเป๋าฮื้อที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 350 เท่า ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.6



(a) (b)

(c)

รูปที่ 4.6 โครงสร้างตัดตามขวางของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

(a) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h)* ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(b) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)* ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(c) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h)* ที่กำลังขยาย 350 เท่า

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากรูปที่ 4.6 พบว่าโครงสร้างเซลล์ของหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีช่องว่างขนาดใหญ่ในเนื้อเยื่อ และมากกว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) และที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) ในขณะที่โครงสร้างเซลล์ของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) มีการเสียสภาพอย่างรุนแรง ทำให้เซลล์ยุบตัว และเส้นใยกล้ามเนื้อเกาะกันแน่นไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน จะทำลายโปรตีนไมโอไฟบริลและ collagenous connective tissue ทำให้เนื้อเยื่อสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (รูปที่ 4.6 c) (Nathakaranakule, Kraiwanichkul, และ Soponronnarit, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการดูดน้ำคืนของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

4.2.2.2 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้นต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อ

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ทุกภาวะการอบแห้ง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ราและยีสต์ (CFU/g)	โคลิ-ฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	*Cl. perfringens* (CFU/g)	*Vibrio spp.* (CFU/g)	*S aureus* (CFU/g)
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	6.78×10^2	46.70	<3	ND	ND	<10
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	6.49×10^2	43.30	<3	ND	ND	<10
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	6.16×10^2	36.70	<3	ND	ND	<10

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่ผ่านการอบแห้งทุกภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดมาตรฐานหอยแห้ง(มผช.310/2547) และมาตรฐานกะปี (มอก. 1080-2535) ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่ทุกภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.16×10^2 - 6.78×10^2 CFU/g ราและยีสต์ 3.67×10^1 - 4.67×10^1 CFU/g โคลิฟอร์มแบคทีเรีย <3 MPN/g *S. aureus* <10 CFU/g นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบ *Vibrio spp.* และ *Cl. perfringens* ในหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่ทุกภาวะการอบแห้งด้วย ดังนั้นหอยเป๋าฮี้ออบแห้งจึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4.2.2.3 ผลของภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้นต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮี้อ

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮี้ออบแห้งและคืนรูปด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งการทดสอบทางลักษณะปรากฏและกลิ่นให้ผู้ทดสอบดูและดมกลิ่นในลักษณะของแห้ง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสให้ผู้ทดสอบชิมหอยเป๋าฮี้อคืนรูปแล้ว โดยกัดและคายออก ประเมินผลโดยวิธี QDA with scoring 5 point scale และ Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.13 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	ลักษณะปรากฏ			กลิ่น^{ns}
	สี	ความเต่งตึง	ความมันวาว^{ns}	
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	3.13^{b} ± 0.94	2.83^{b} ± 0.46	3.17 ± 0.38	5.00 ± 0.00
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	3.63^{a} ± 0.49	3.57^{a} ± 0.50	3.30 ± 0.25	5.00 ± 0.00
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	3.30^{b} ± 0.84	2.57^{c} ± 0.57	3.20 ± 0.48	5.00 ± 0.00

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป่าฮื้อออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ เมื่อคืนรูป

ภาวะการอบแห้ง*	ลักษณะปรากฏ		ลักษณะเนื้อสัมผัส		
	สี^{ns}	ความเต่งตึง	ความยืดหยุ่น^{ns}	ความแข็ง	ความเหนียว
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	3.90 ± 0.61	3.30^{b} ± 0.65	2.83 ± 0.79	2.57^{ab} ± 0.68	2.37^{ab} ± 0.49
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	4.00 ± 0.79	4.17^{a} ± 0.38	2.90 ± 0.84	2.70^{a} ± 0.47	2.57^{a} ± 0.57
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	3.90 ± 0.48	3.17^{b} ± 0.70	2.70 ± 0.47	2.37^{b} ± 0.56	2.17^{b} ± 0.46

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

ตารางที่ 4.15 คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป่าฮื้อออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งต่างๆ

ภาวะการอบแห้ง*	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป่าฮื้อออบแห้งที่คืนรูปแล้ว^{ns}	ความชอบโดยรวม
75°C (2 h)/ 55°C (14 h)	7.50^{b} ± 0.51	7.33 ± 0.80	7.33 ± 0.96	7.03^{b} ± 0.89
75°C (4 h)/ 55°C (10 h)	7.83^{a} ± 0.38	7.33 ± 0.88	7.47 ± 0.97	7.50^{a} ± 0.68
75°C (6 h)/ 55°C (7 h)	7.77^{a} ± 0.43	7.30 ± 0.88	7.27 ± 0.83	7.20^{b} ± 0.81

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

ลักษณะปรากฏ หอยเป่าฮื้อออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ทั้งที่ยังไม่คืนรูปและคืนรูปแล้ว ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี ความเต่งตึง และความมันวาวสูงสุด และได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากหอยเป่าฮื้อออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีสีเหลืองทองและมีความมันวาวและความเต่งตึงมากกว่าตัวอย่างอื่น

กลิ่น ภาวะการอบแห้งไม่มีผลทำให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสและความชอบด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งแตกต่างกัน ($p>0.05$) พบว่าคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ทุกภาวะนั้นมีค่าเท่ากัน ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) และที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีค่าเท่ากัน

ลักษณะเนื้อสัมผัส ภาวะการอบแห้งมีผลต่อคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่คืนรูปแล้วอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) แต่ภาวะการอบแห้งไม่มีผลทำให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่คืนรูปแล้ว และคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งแตกต่างกัน ($p>0.05$) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่น ความแข็งและความเหนียวหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) สูงสุด รองลงมาคือที่ภาวะ 75°C (2 h)/ 55°C (14 h) และที่ภาวะ 75°C (6 h)/ 55°C (7 h) ตามลำดับ คือ 7.47 7.33 และ 7.27 คะแนนตามลำดับ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงในช่วงแรกเป็นเวลานาน ทำให้หอยเป๋าฮื้ออบแห้งมีค่าความแข็งลดลง

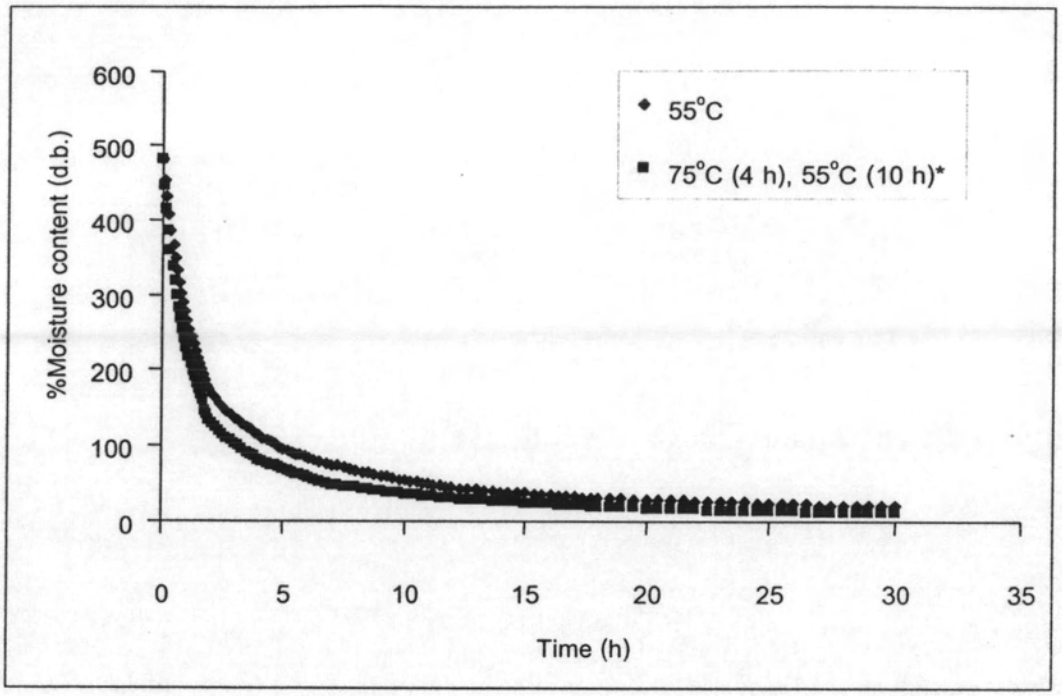
ความชอบโดยรวม หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะการอบแห้งอื่นๆ ($p\leq0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.50 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าว ทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

จากคะแนนความชอบโดยรวม และความสามารถในการดูดน้ำคืนสูง และค่าความแข็งต่ำ จึงคัดเลือกภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เป็นภาวะที่ดีที่สุดในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าแบบเป็นขั้น

สำหรับการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C และแบบเป็นขั้นที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ซึ่งเป็นภาวะที่ดีที่สุดในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าคงที่และอุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้น มีดังนี้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้อระหว่างอุณหภูมิคงที่ที่ 55°C กับภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 4.7 แล้วนำข้อมูล

การทดลองทั้ง 2 ภาวะการอบแห้งมาคำนวณอัตราการอบแห้งตามสมการที่ 4.1 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.8

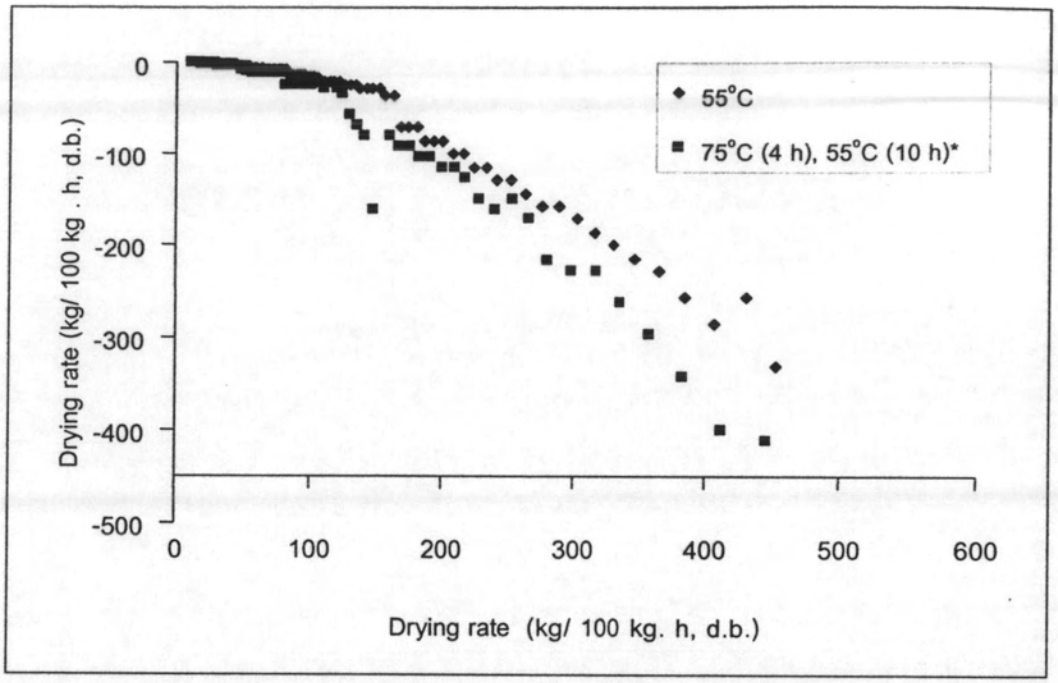


รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C และที่ภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)*

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

จากรูปที่ 4.8 พบว่าอัตราการอบแห้งของภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) สูงกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C เนื่องจากความชื้นภายในหอยเป๋าฮื้อที่ภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ลดลงเร็วกว่า ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 2 ภาวะ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C เป็นเวลา 7 ชั่วโมง คิดเป็น 33.3% เมื่อค่า a_w ได้ตามที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าแบบเป็นขั้น ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการอบแห้ง ทำให้ความชื้นในหอยเป๋าฮื้อระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็ว จึงเข้าสู่ช่วงท้ายของการอบแห้งได้เร็วขึ้น ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง



รูปที่ 4.8 อัตราการอบแห้งของหอยเป๋าฮื้อที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C และที่ภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)*

*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

เมื่อพิจารณาค่าสีของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 2 ภาวะ (ตารางที่ 4.16) พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่า แต่มีค่าความเป็นสีแดงต่ำกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีสีเหลืองทองมากกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C

จากตารางที่ 4.16 พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) มีความสามารถในการดูดน้ำคืนสูงกว่า และค่าความแข็งต่ำกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C เนื่องจากที่ภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) น้ำในหอยเป๋าฮื้อจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบแห้ง ทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้นภายในหอยเป๋าฮื้อ แต่เมื่อผ่านช่วงแรกของการอบแห้งไปแล้ว การเปลี่ยนมาใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงจะสามารถรักษาโครงสร้างของหอยเป๋าฮื้อ ซึ่งมีรูพรุนขนาดใหญ่นี้ได้ ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนมีค่าสูงกว่า (รุ่งทิพย์ ตปนียศิลป์, 2546)

สำหรับค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูปทั้ง 2 ภาวะนั้น (ตารางที่ 4.16) พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C มีค่าความแข็งสูงกว่าที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เนื่องจาก

ตารางที่ 4.16 คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C และที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

คุณภาพ	ภาวะการอบแห้ง	
	55°C	75°C (4 h)/ 55°C (10 h)*
คุณภาพทางกายภาพ		
- ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	21	14
- ค่า a_w	0.697 ± 0.002	0.700 ± 0.005
- ปริมาณความชื้น (%)	19.62 ± 0.26	19.76 ± 0.40
- ค่า L	44.48^{b} ± 0.85	44.53^{a} ± 0.34
- ค่า a	2.33^{a} ± 0.33	2.04^{b} ± 0.34
- ค่า b	13.13^{b} ± 0.24	14.83^{a} ± 0.78
- ความสามารถในการดูดน้ำคืน (กรัม/กรัมของหอยเป๋าฮี้อบแห้ง)	1.92^{b} ± 0.01	2.17^{a} ± 0.04
- ค่าความแข็ง (gf)	14679.23^{a} ± 2990.09	14597.25^{b} ± 733.97
คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ความชอบ) (คะแนน)		
- ลักษณะปรากฏ	7.43^{b} ± 0.82	7.83^{a} ± 0.38
- กลิ่น	6.77^{b} ± 0.73	7.33^{a} ± 0.88
- ลักษณะเนื้อสัมผัส^{ns}	7.13 ± 0.93	7.47 ± 0.97
- ความชอบโดยรวม	6.83^{b} ± 1.09	7.50^{a} ± 0.68

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

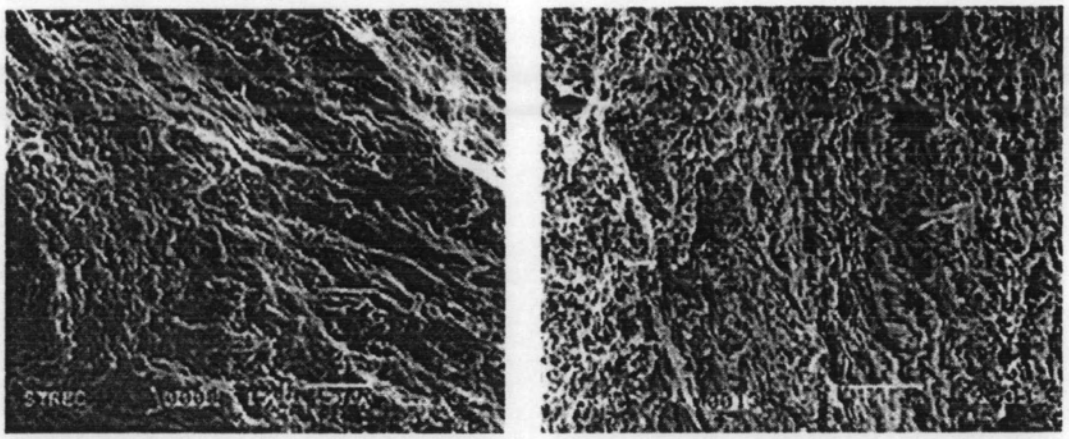
*อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก (เวลาในการอบแห้งช่วงแรก)/ อุณหภูมิอบแห้งช่วงหลัง (เวลาในการอบแห้งช่วงหลัง)

เมื่อพิจารณาภาพตัดตามขวางโครงสร้างของหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C และที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 350 เท่า (รูปที่ 4.9) พบว่าเซลล์ของหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เกิดการเสียสภาพมากกว่าและเกิดรูพรุนน้อยกว่าหอยเป๋าฮี้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เนื่องจากการอบแห้งที่

อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจะทำลาย collagenous connective tissue และเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ซึ่ง Forrest และคณะ (1975) รายงานว่าเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 56°C ไมโอไฟบริลและคอลลาเจนจะหดตัว 1/3 เท่าของความยาวเดิม และที่อุณหภูมิ 61-62°C หรือมากกว่า ไมโอไฟบริลและคอลลาเจนจะหดตัว 1/2 เท่าของความยาวเดิม ดังนั้นหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C จึงมีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำกว่าที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งและคืนรูปทั้ง 2 ภาวะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบความชอบชนิด Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน (ตารางที่ 4.16) พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C ทำให้ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าด้วยเช่นกัน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อด้วยลมร้อน โดยใช้คะแนนความชอบโดยรวม ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งเป็นเกณฑ์ คือ คะแนนความชอบโดยรวมและความสามารถในการดูดน้ำคืนสูง และค่าความแข็งต่ำ พบว่าภาวะการอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เป็นภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อ เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะนี้ได้รับคะแนนความชอบโดยรวม และความสามารถในการดูดน้ำคืนสูง และค่าความแข็งต่ำ นอกจากนี้การอบแห้งหอยเป๋าฮื้อที่ภาวะนี้ยังใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิคงที่ที่ 55°C เป็นเวลา 7 ชั่วโมง คิดเป็นเวลาที่สั้นลง 33.3% ทำให้ประหยัดพลังงานในการอบแห้งได้



(a) (b)

รูปที่ 4.9 โครงสร้างตัดตามขวางของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C และที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

(a) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(b) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ที่กำลังขยาย 350 เท่า

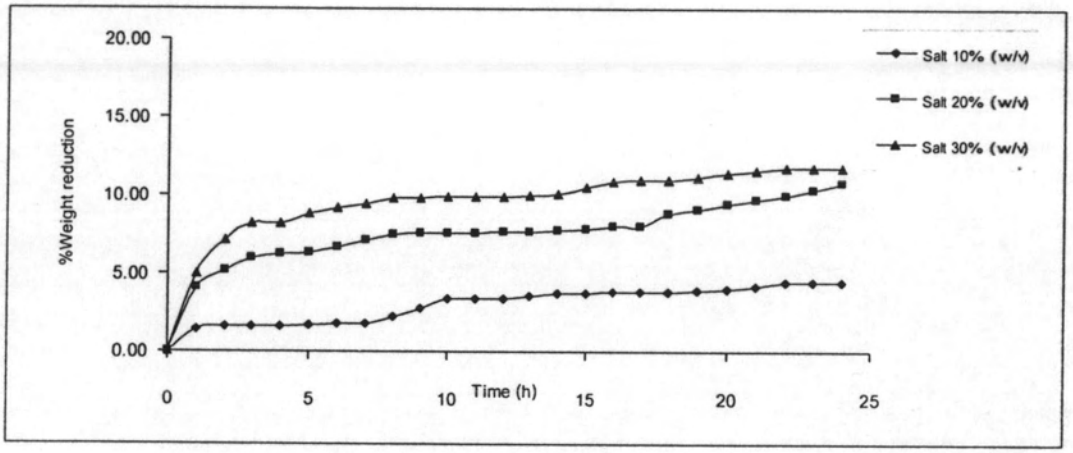
4.3 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหอยเป๋าฮื้ออบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิส

4.3.1 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายเกลือ

4.3.1.1 ผลของระยะเวลาในการแช่และความเข้มข้นของสารละลายเกลือต่อร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือของหอยเป๋าฮื้อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงต่อระยะเวลาในการแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายเกลือ ที่ความเข้มข้นในช่วง 10-30% (w/v) โดยสุ่มตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.10 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อลดลง โดยระยะเวลาในการแช่ที่ 5 ชั่วโมงจะสามารถดึงน้ำออกจากหอยเป๋าฮื้อได้มากที่สุด หลังจาก 5 ชั่วโมงแล้ว น้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อจะเริ่มคงที่ เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างอาหารกับสารละลายออสโมติก ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) โดยในช่วงแรกอาหารและสารละลายจะเกิดการแลกเปลี่ยนมวลสารกัน

คือน้ำจะแพร่ออกจากอาหารเข้าสู่สารละลาย ทำให้น้ำหนักของอาหารลดลง และเมื่อถึงจุดสมดุลการแพร่ของน้ำออกจากอาหารจะเริ่มคงที่ (Lerici *et al.*, 1985; Barat *et al.*, 2004; Moyor *et al.*, 2006) ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการแช่ที่ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายเกลือ นอกจากนี้ ที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 30% (w/v) หอยเป๋าฮื้อมีน้ำหนักลดลงมากกว่าที่ความเข้มข้นอื่นๆ เมื่อระยะเวลาในการแช่เท่ากัน เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราการออสโมซิสเพิ่มขึ้น น้ำจึงแพร่ออกจากอาหารได้มากขึ้น (Raoult-Wack, 1994; Torreggiani, 1993)



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงเมื่อแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10-30% (w/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อหาร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือในหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือเพิ่มขึ้น หอยเป๋าฮื้อมีน้ำหนักลดลง และค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง แต่มีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารละลายมีความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงกว่าอาหาร จึงมีแรงดันออสโมติกสูงกว่าอาหาร ทำให้น้ำภายในอาหารเคลื่อนที่ออกมาสู่สารละลาย และตัวถูกละลายก็จะเคลื่อนที่เข้าไปในอาหาร เกิดการแลกเปลี่ยนมวลสารขึ้น ดังนั้นอาหารที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสจะมีน้ำหนักและปริมาณความชื้นลดลง ส่งผลให้ค่า a_w ลดลงด้วย แต่มีปริมาณตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น (Barbosa-Canovas and Vega-Mercado, 1996; Collignan and Raoult-Wack, 1994) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hsu และ Deng (1980) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น (10-20%) ทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของไข่ปลากระบอกลดลง แต่ปริมาณเกลือในไข่ปลากระบอกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Iseya

และคณะ (1998) รายงานว่าเนื้อปลาเอทคาแมคเคอเรลที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นในช่วง 1.0-2.0 M มีปริมาณความชื้นลดลง แต่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในการทดลองเบื้องต้น การแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 5% (w/v) เป็นเวลา 18 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณความชื้น และค่า a_w จาก 84.07% และ 0.982 เป็น 82.75% และ 0.965 ซึ่งสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 5% (w/v) นี้สามารถลดปริมาณความชื้น และค่า a_w ได้น้อย เมื่อเทียบกับที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) ดังนั้น ในการทดลองจึงเลือกสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) มาใช้ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่มีต่อร้อยละน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือของหอยเป๋าฮื้อ

ตารางที่ 4.17 ร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือในหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v)

	ร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง	a_w	ปริมาณความชื้น (%w.b.)	ปริมาณเกลือ (%w.b.)	ปริมาณเกลือ (%d.b.)
หอยเป๋าฮื้อสด	-	$0.984^{a} \pm 0.002$	$83.06^{a} \pm 0.47$	$0.97^{d} \pm 0.08$	$5.75^{d} \pm 0.44$
S 10*	$2.33^{c} \pm 0.07$	$0.949^{b} \pm 0.006$	$79.03^{b} \pm 0.12$	$6.90^{c} \pm 0.01$	$32.92^{c} \pm 0.03$
S 20*	$5.62^{b} \pm 0.14$	$0.899^{c} \pm 0.001$	$71.78^{c} \pm 0.35$	$10.92^{b} \pm 1.08$	$38.69^{b} \pm 3.83$
S 30*	$8.84^{a} \pm 0.39$	$0.822^{d} \pm 0.004$	$66.69^{d} \pm 0.16$	$15.34^{a} \pm 0.81$	$46.04^{a} \pm 2.42$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

*S 10, S20 และ S30 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) ตามลำดับ

หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) มีปริมาณเกลือ 32.92 38.69 และ 46.04%(d.b.) หรือ 6.90 10.92 และ 15.34%(w.b.) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานปลาสลิดเค็ม (มอก. 1199-2536) ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยกำหนดว่าปลาสลิดเค็มชนิดเค็มมากต้องมีปริมาณเกลือมากกว่า 10% ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) จัดอยู่ในผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่ในสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) มีรสเค็มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30% (w/v) ยังสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ด้วย ในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มาใช้ในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ

แช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) นั้น จะมีรสเค็มไม่มากเกินไป จนผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้

4.3.1.2 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ต่อคุณภาพทางกายภาพของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C จนกระทั่งค่า $a_w \leq 0.70$ จะได้ระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือของหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v)

	ระยะเวลาอบแห้งทั้งหมด (ชั่วโมง)	a_w	ปริมาณความชื้น (%w.b.)	ปริมาณเกลือ (%d.b.)
ตัวอย่างควบคุม[1]	14	0.700 ± 0.005	19.76 ± 0.40	21.25 ± 0.89
DS 10[2]	10	0.707 ± 0.003	22.95 ± 1.41	27.22 ± 0.60

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

จากตารางที่ 4.18 พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง จนมีค่า a_w น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.70 และมีปริมาณความชื้น 22.95% (w.b.) ซึ่งหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า ทำให้ใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากหอยเป๋าฮื้อสั้นกว่าตัวอย่างควบคุม เพื่อให้ได้ค่า a_w สุดท้าย ≤ 0.70 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poernomo, Giyatmi และ Ariyani (1992) พบว่าปลาที่ผ่านการหมักด้วยเกลือแล้วนำมา

อบแห้ง ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างนานกว่าตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มาวัดค่าสี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ค่าสี L a และ b ของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v)

	L	a	b
ตัวอย่างควบคุม[1]	$44.53^{b} \pm 0.34$	$2.04^{a} \pm 0.34$	$14.83^{a} \pm 0.78$
DS 10[2]	$48.73^{a} \pm 0.43$	$1.66^{b} \pm 0.10$	$13.30^{b} \pm 0.34$

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

จากการทดลอง พบว่าค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับตัวควบคุม ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.19) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีค่าความสว่างสูงกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น ผลิตภัณฑ์จึงสัมผัสกับความร้อนน้อย ทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์น้อย ส่งผลให้ค่าความสว่างมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Corzo และคณะ (2006) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้น เนื้อปลามีสีเข้มขึ้น นอกจากนี้เนื้อปลาที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์เกิดการตกผลึกและไปเกาะอยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มาคืนรูป โดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมง และหาความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) เมื่อคืนรูป

	ความสามารถในการดูดน้ำคืน (กรัม/กรัมของหอยเป๋าฮื้อออบแห้ง)	ค่าความแข็ง (gf)
ตัวอย่างควบคุม[1]	$2.17^{a} \pm 0.04$	$14597.25^{a} \pm 733.97$
DS 10[2]	$0.95^{b} \pm 0.05$	$13385.61^{b} \pm 571.91$

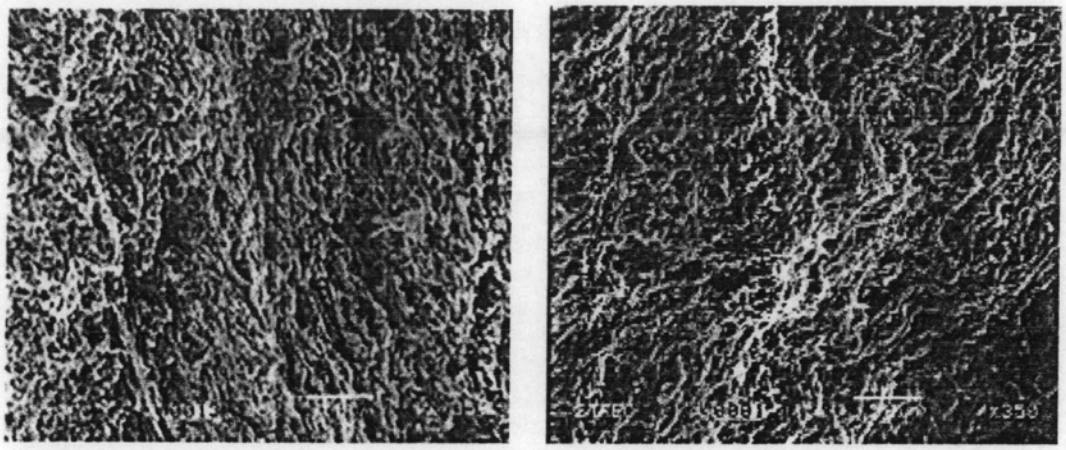
a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

จากตารางที่ 4.20 พบว่าหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีความสามารถในการดูดน้ำคืนและค่าความแข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากเซลล์ของผลิตภัณฑ์เกิดการเสียสภาพและหดตัวในระหว่างกระบวนการออสโมซิส ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนของเซลล์ลดลง (Lewicki *et al.*, 1998) ความสามารถในการดูดน้ำคืนขึ้นอยู่กับเซลล์และโครงสร้างของอาหาร หากเซลล์เสียสภาพไปมากจะดูดน้ำคืนได้น้อย (Krokida and Marinos-Kouris, 2003) นอกจากนี้การเสียสภาพของเซลล์จะทำให้โครงสร้างเซลล์เกิดการเกาะตัวกันแน่น ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนลดลงด้วย และการสูญเสียปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์ระหว่างการคืนตัว ก็มีผลต่อความสามารถในการดูดน้ำด้วยเช่นกัน (Jayaram, Dasgupta, and Babu Rao,1990; Taiwo, Angersbach, and Knorr, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Debnath และคณะ (2004) ที่พบว่าความสามารถในการดูดน้ำคืนของหอมใหญ่อบแห้งที่ผ่านการแช่เกลือมีค่าต่ำกว่าหอมใหญ่อบแห้งที่ไม่ผ่านการแช่ ซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) น้อยกว่าตัวควบคุม เนื่องจากเกลือจะไปละลายโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ในระหว่างกระบวนการออสโมซิส (Shahidi, 1994) ทำให้หอยเป๋าฮื้อมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ลดลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวน้อยเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาภาพตัดตามขวางโครงสร้างของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 350 เท่า (รูปที่ 4.11) พบว่าโครงสร้างเซลล์ของหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีการเสียสภาพ และเส้นใยกล้ามเนื้อเกาะกันแน่น เนื่องจากกระบวนการออสโมซิสทำให้เซลล์เกิดการหดตัวและเสียสภาพไป น้ำจึงเข้าไปในเนื้อเยื่อได้น้อย (Lewicki *et al.*, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการดูดน้ำคืนที่ลดลง



(a) (b)

รูปที่ 4.11 โครงสร้างของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ไม่ผ่านการแช่และที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือเข้มข้น 10% (w/v)

(a) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ไม่ผ่านการแช่ แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(b) หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) ที่กำลังขยาย 350 เท่า

4.3.1.3 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายเกลือต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อ

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายเกลือ 10% (w/v) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.21 พบว่าหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดมาตรฐานปลาสลิด

เค็ม (มอก. 1199-2536) และมาตรฐานกะปี (มอก. 1080-2535) ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยปริมาณจุลินทรีย์ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.22 × 10^2 CFU/g โคลิฟอร์มแบคทีเรีย <3 MPN/g *S. aureus* <10 CFU/g และไม่พบราและยีสต์ *Vibrio spp.* และ *Cl. perfringens* ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.21 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens* *Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v)

	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ราและยีสต์ (CFU/g)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	*Cl. perfringens* (CFU/g)	*Vibrio spp.* (CFU/g)	*S aureus* (CFU/g)
ตัวอย่างควบคุม[1]	6.49 × 10^2	43.3	<3	ND	ND	< 10
DS 10^2	2.22 × 10^2	ND	<3	ND	ND	< 10

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

4.3.1.4 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายเกลือต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และคืนรูป โดยการทดสอบทางลักษณะปรากฏและกลิ่นให้ผู้ทดสอบดูและดมกลิ่นในลักษณะของแห้ง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติให้ผู้ทดสอบชิมหอยเป๋าฮื้อที่คืนรูปแล้ว โดยกัดและคายออก ประเมินผลโดยวิธี QDA with scoring 5 point scale และ Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.22 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.22 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v)

	ลักษณะปรากฏ			กลิ่น
	สี[ns]	ความเต่งตึง[ns]	ความมันวาว	
ตัวอย่างควบคุม[1]	3.63 ± 0.49	3.57 ± 0.50	3.30[a] ± 0.25	5.00[a] ± 0.00
DS 10[2]	3.87 ± 0.97	3.60 ± 0.67	1.97[b] ± 0.72	4.87[b] ± 0.35

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

ลักษณะปรากฏ หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือเข้มข้น 10% ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีในลักษณะของแห้งและคืนรูป สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีสีเหลืองทองมากกว่าตัวอย่างควบคุม

กลิ่น หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ในขณะที่คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีกลิ่นคาวเด่นชัด

ตารางที่ 4.23 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) เมื่อคืนรูป

	ลักษณะปรากฏ		ลักษณะเนื้อสัมผัส			
	สี	ความเต่งตึง[ns]	ความยืดหยุ่น[ns]	ความแข็ง	ความเหนียว[ns]	รสชาติ
ตัวอย่างควบคุม[1]	4.00[b] ± 0.79	4.17 ± 0.38	2.90 ± 0.84	2.70[b] ± 0.47	2.57 ± 0.57	-[3]
DS 10[2]	4.30[a] ± 0.47	4.17 ± 0.83	3.10 ± 0.71	3.37[a] ± 0.47	2.63 ± 0.93	3.00 ± 0.87

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

[3]- หมายถึง ไม่ได้ทดลอง

ตารางที่ 4.24 คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v)

	ลักษณะปรากฏ[ns]	กลิ่น[ns]	ลักษณะเนื้อสัมผัส[ns]	รสชาติ	ความชอบโดยรวม[ns]
ตัวอย่างควบคุม[1]	7.83 ± 0.38	7.33 ± 0.88	7.47 ± 0.97	-[3]	7.50 ± 0.68
DS 10[2]	7.93 ± 1.08	7.30 ± 0.99	7.63 ± 1.16	5.40 ± 1.10	7.53 ± 1.20

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DS 10 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

[3]- หมายถึง ไม่ได้ทดลอง

ลักษณะเนื้อสัมผัส คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่นและความแข็งของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวและคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และตัวอย่างควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่น และความแข็งของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มากกว่าตัวอย่างควบคุม และให้คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มากกว่าตัวอย่างควบคุมด้วยเช่นกัน

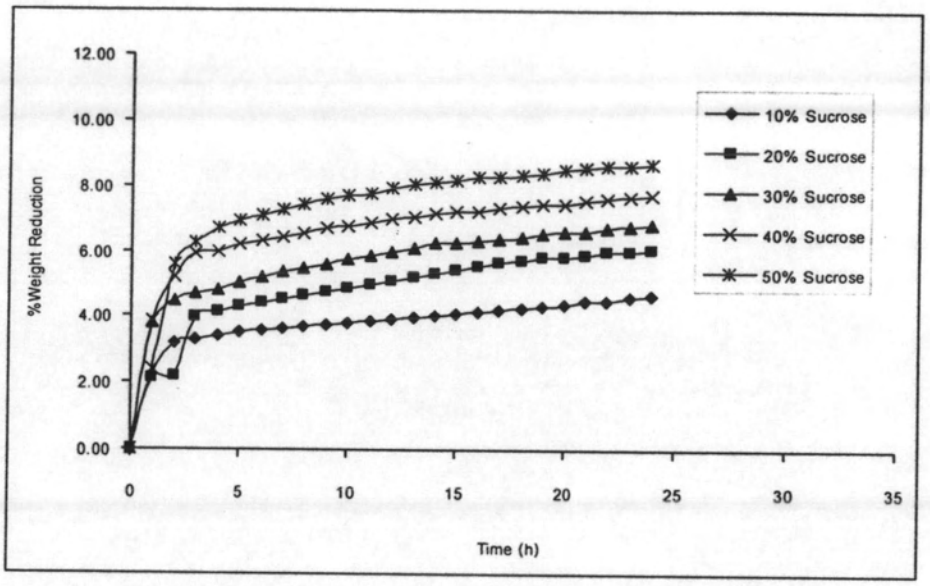
รสชาติ หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส และคะแนนความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 3.00 และ 5.40 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23 และ 4.24) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีรสเค็มปานกลาง ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้

ความชอบโดยรวม หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่ากว่าตัวอย่างควบคุม โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.53 (ตารางที่ 4.24) เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าวทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

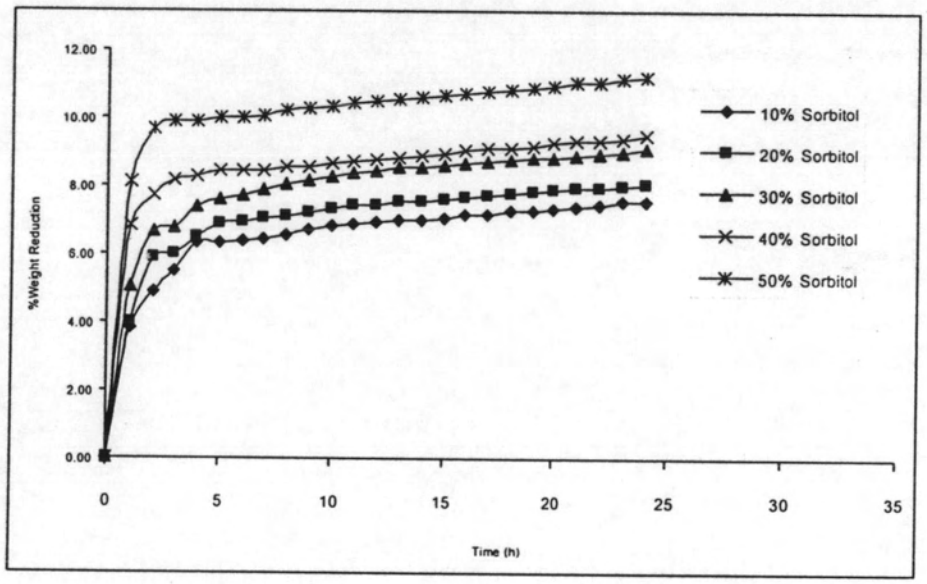
4.3.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอลและ/หรือซูโครส

4.3.2.1 ผลของระยะเวลาในการแช่และความเข้มข้นของสารละลายซอร์บิทอล ซูโครส และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสต่อร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณซอร์บิทอลและซูโครสของหอยเป๋าฮื้อ

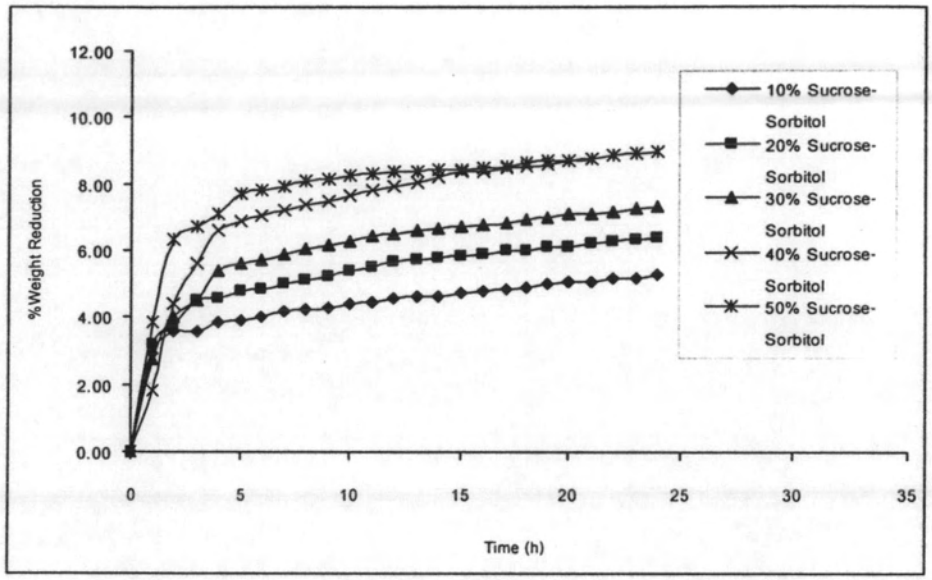
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงเมื่อแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายซอร์บิทอล ซูโครส และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส ที่ความเข้มข้นในช่วง 10-50% (w/v) อัตราส่วนของสารละลายซอร์บิทอลต่อซูโครสเท่ากับ 1:1 และใช้อัตราส่วนหอยเป๋าฮื้อต่อสารละลายเท่ากับ 1:10 โดยสุ่มตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.12 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงเมื่อแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงเมื่อแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงเมื่อแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส อัตราส่วนของสารละลายซอร์บิทอลต่อซูโครสเท่ากับ 1:1 ที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.12-4.14 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ทำให้หอยเป๋าฮื้อมีน้ำหนักลดลง โดยในช่วง 5 ชั่วโมงแรก น้ำในหอยเป๋าฮื้อออกมาในปริมาณมาก หลังจาก 5 ชั่วโมงผ่านไป น้ำในหอยเป๋าฮื้อออกมาน้อยลงจนคงที่ เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างอาหารกับสารละลายออสโมติก ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ในช่วงแรก อาหารและสารละลายจะเกิดการแลกเปลี่ยนมวลสารกัน คือน้ำจะแพร่ออกจากอาหารเข้าสู่สารละลาย ทำให้น้ำหนักของอาหารลดลง และเมื่อถึงจุดสมดุล การแพร่ของน้ำออกจากอาหารจะเริ่มคงที่ (Lerici *et al.*, 1985; Barat *et al.*, 2004; Moyor *et al.*, 2006) ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการแช่ที่ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลายซอร์บิทอล ซูโครส และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส

เมื่อพิจารณาความสามารถในการลดน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อของสารละลายซอร์บิทอล ซูโครส และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส พบว่าสารละลายซอร์บิทอลมีความสามารถในการลดน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อได้ดีกว่าสารละลายซูโครสและสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส ทั้งนี้เป็นเพราะซอร์บิทอลจะเข้าไปแทนที่น้ำในเซลล์ได้มากกว่าซูโครส เนื่องจากซอร์บิทอล (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 182) เป็นน้ำตาลพอลิออลโมเลกุลเดี่ยวและมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าซูโครส (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342) ทำให้การออสโมซิส

เกิดได้เร็วขึ้น (Geankoplis, 1995) ดังนั้นสารละลายที่จะนำมาใช้ในการอบแห้งหอยเป๋าฮื้อโดยผ่านกระบวนการออสโมติก คือ สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และเมื่อพิจารณาความสามารถในการลดน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อของสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส พบว่าสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) สามารถลดน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อได้ใกล้เคียงกับสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 30% (w/v) ในงานวิจัยนี้ไม่ได้เลือกสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 40 และ 50% (w/v) มาใช้ แม้ว่าสารละลายทั้งสองตัวนี้จะสามารถลดน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อได้ใกล้เคียงกับสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10 และ 30% (w/v) ก็ตาม เนื่องจากสารละลายซูโครสสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ในระหว่างการอบแห้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ในขั้นตอนต่อไป

เมื่อหาร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณซอร์บิทอลและซูโครสในหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายซอร์บิทอลเพิ่มขึ้น ทำให้หอยเป๋าฮื้อมีน้ำหนัก ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายซอร์บิทอลเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณซอร์บิทอลในหอยเป๋าฮื้อเพิ่มขึ้น โดยสารละลายซอร์บิทอลเข้มข้น 50% (w/v) สามารถลดน้ำหนัก ค่า a_w และปริมาณความชื้นได้มากกว่าสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นอื่น และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายสูงมีผลต่ออัตราการออสโมติก โดยน้ำจะถูกดึงออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้นทำให้น้ำหนัก ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง (Pascua, Casales, and Yeannes, 1994) สอดคล้องกับการศึกษาของ Iseya และคณะ (2000) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซอร์บิทอล ส่งผลให้ปริมาณซอร์บิทอลในเนื้อปลาเอทคาแมคเคอเรลและปลาหมึกที่ผ่านการแช่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ลดน้ำหนัก ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้อได้น้อยกว่าสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เนื่องจากสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสมีความหนืดมากกว่าสารละลายซอร์บิทอล ทำให้กระบวนการออสโมซิสเกิดได้น้อยลง (Moreira, Chenlo, and Pereira, 2003)

ตารางที่ 4.25 ร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง ค่า a_w ปริมาณความชื้น และปริมาณซอร์บิทอลและซูโครสในหอยเป้าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	ร้อยละของน้ำหนักที่ลดลง	a_w	ปริมาณความชื้น (%w.b.)	ปริมาณซอร์บิทอล (%w.b.)	ปริมาณซูโครส (%w.b.)
หอยเป้าฮื้อสด	-*	$0.984^{a} \pm 0.002$	$83.06^{a} \pm 0.47$	-*	0.01 ± 0.00
SOR 10[1]	$6.38^{e} \pm 0.08$	$0.979^{ab} \pm 0.006$	$78.85^{b} \pm 0.23$	4.72	-[3]
SOR 20[1]	$6.63^{d} \pm 0.18$	$0.977^{ab} \pm 0.002$	$72.43^{c} \pm 0.21$	8.40	-[3]
SOR 30[1]	$7.70^{c} \pm 0.25$	$0.976^{ab} \pm 0.003$	$69.28^{d} \pm 0.10$	11.50	-[3]
SOR 40[1]	$8.30^{b} \pm 0.24$	$0.973^{b} \pm 0.009$	$64.40^{f} \pm 0.42$	15.91	-[3]
SOR 50[1]	$9.97^{a} \pm 0.34$	$0.973^{b} \pm 0.005$	$62.94^{g} \pm 0.11$	16.88	-[3]
SOR 50[1] + SUC 50[2]	$7.95^{bc} \pm 0.25$	$0.975^{ab} \pm 0.006$	$66.47^{e} \pm 0.21$	8.28	11.21 ± 0.01

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1]SOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป้าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v)

[2]SUC 50 หมายถึง หอยเป้าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

[3]- หมายถึง ไม่ได้ทดลอง

4.3.1.2 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอล และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสต่อคุณภาพทางกายภาพของหอยเป้าฮื้อ

เมื่อนำหอยเป้าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเป็น 55°C จนกระทั่งค่า $a_w \leq 0.70$ จะได้ระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป้าฮื้ออบแห้งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ระยะเวลาในการอบแห้ง ค่า a_w และปริมาณความชื้นของหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	ระยะเวลาอบแห้งทั้งหมด (ชั่วโมง)	a_w	ปริมาณความชื้น (%)
ตัวอย่างควบคุม[1]	14	0.700 ± 0.005	19.76 ± 0.40
DSOR 10[2]	12	0.700 ± 0.008	20.07 ± 0.57
DSOR 20[2]	11	0.697 ± 0.005	21.79 ± 0.23
DSOR 30[2]	10	0.695 ± 0.003	20.84 ± 0.34
DSOR 40[2]	9	0.700 ± 0.010	20.73 ± 0.29
DSOR 50[2]	7	0.696 ± 0.022	20.31 ± 0.41
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	10	0.695 ± 0.005	21.02 ± 0.59

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

จากตารางที่ 4.26 พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 12 11 10 9 7 10 และ 14 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายอื่นๆ และตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า (ตารางที่ 4.25) ทำให้ใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) สั้นกว่าตัวอย่างอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมกร พรหมจรรย์ (2546) พบว่าปลาข้างเหลืองที่หมักเครื่องปรุงรสแล้วนำมาอบแห้ง ในตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างนานกว่าตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า นอกจากนี้หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มี

ปริมาณความชื้นสูงกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากซอร์บิทอลและซูโครสแทรกซึมเข้าไปในหอยเป๋าฮื้อไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในหอยเป๋าฮื้อ (Fennema, 1996) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณความชื้นสูงกว่าตัวอย่างควบคุม เมื่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่า a_w ใกล้เคียงกัน บทบาทที่สำคัญในการลดค่า a_w ในหอยเป๋าฮื้อออบแห้งนั้น นอกจากการลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการระเหยน้ำบางส่วนออกจากอาหารแล้ว น้ำอีกส่วนหนึ่งจะลดได้โดยการจับตัวกับซอร์บิทอลและซูโครสทำให้ไม่อยู่ในรูปอิสระ (Hollis *et al.*, 1968)

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มาวัดค่าสี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ค่าสี L a และ b ของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	L	a^{ns}	b
ตัวอย่างควบคุม[1]	$44.53^{a} \pm 0.34$	2.04 ± 0.34	$14.83^{a} \pm 0.78$
DSOR 10[2]	$39.26^{b} \pm 1.02$	2.57 ± 0.31	$7.25^{bc} \pm 0.99$
DSOR 20[2]	$38.53^{b} \pm 0.56$	2.61 ± 0.90	$8.72^{b} \pm 1.27$
DSOR 30[2]	$37.54^{b} \pm 1.05$	1.44 ± 0.27	$5.96^{cd} \pm 1.35$
DSOR 40[2]	$37.85^{b} \pm 1.75$	1.68 ± 0.50	$5.99^{cd} \pm 1.74$
DSOR 50[2]	$39.01^{b} \pm 0.71$	1.93 ± 0.11	$5.12^{d} \pm 0.08$
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	$38.28^{b} \pm 1.42$	2.29 ± 0.59	$4.13^{d} \pm 0.83$

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

จากตารางที่ 4.27 พบว่าค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสม

ระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดงของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีค่าความสว่างน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีลักษณะมันวาว จึงส่งผลให้เกิดการกระเจิงแสงในขณะวัดค่าความสว่าง

เมื่อนำหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มาคืนรูปโดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมง และหาความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อคืนรูป ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.28 พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม มีความสามารถในการดูดน้ำคืนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยตัวอย่างควบคุมมีความสามารถในการดูดน้ำคืนสูงสุด รองลงมาคือ หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 40% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 30% (w/v) สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 20% (w/v) และสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10% (w/v) ตามลำดับ เนื่องจากเซลล์ของผลิตภัณฑ์เกิดการเสียสภาพและหดตัวในระหว่างกระบวนการออสโมซิส ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนของเซลล์ลดลง (Lewicki *et al.*, 1998) และการสูญเสียปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์ระหว่างการคืนตัว ก็มีผลต่อความสามารถในการดูดน้ำคืนด้วยเช่นกัน (Taiwo *et al.*, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Debnath และคณะ (2004) ที่พบว่าหอมใหญ่อบแห้งที่ผ่านการแช่น้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีความสามารถในการดูดน้ำคืนต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การอบแห้งยังทำให้เซลล์เกิดการเสียสภาพ โครงสร้างเซลล์เกิดการเกาะตัวกันแน่น ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนลดลง (Taiwo *et al.*, 2002) จากการ

ทดลองพบว่าหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีความสามารถในการดูดน้ำคืนมากกว่าตัวอย่างอื่นนั้น ทั้งๆ ที่หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าตัวอย่างอื่น อาจเป็นเพราะว่าหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าตัวอย่างอื่น โครงสร้างเซลล์จึงเสียสภาพน้อย ทำให้สามารถดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างได้มาก

ตารางที่ 4.28 ความสามารถในการดูดน้ำคืน และค่าความแข็งของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เมื่อคืนรูป

	ความสามารถในการดูดน้ำคืน (กรัม/กรัมของหอยเป๋าฮื้อออบแห้ง)	ค่าความแข็ง^{ns} (gf)
ตัวอย่างควบคุม[1]	2.17^{a} ± 0.04	14597.25 ± 733.97
DSOR 10[2]	0.35^{e} ± 0.03	20381.81 ± 4022.78
DSOR 20[2]	0.38^{e} ± 0.04	17783.57 ± 2722.90
DSOR 30[2]	0.41^{e} ± 0.03	16888.80 ± 2693.63
DSOR 40[2]	0.63^{c} ± 0.07	15595.39 ± 6459.44
DSOR 50[2]	0.89^{b} ± 0.04	14002.82 ± 1566.95
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	0.50^{d} ± 0.03	16183.53 ± 4472.46

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

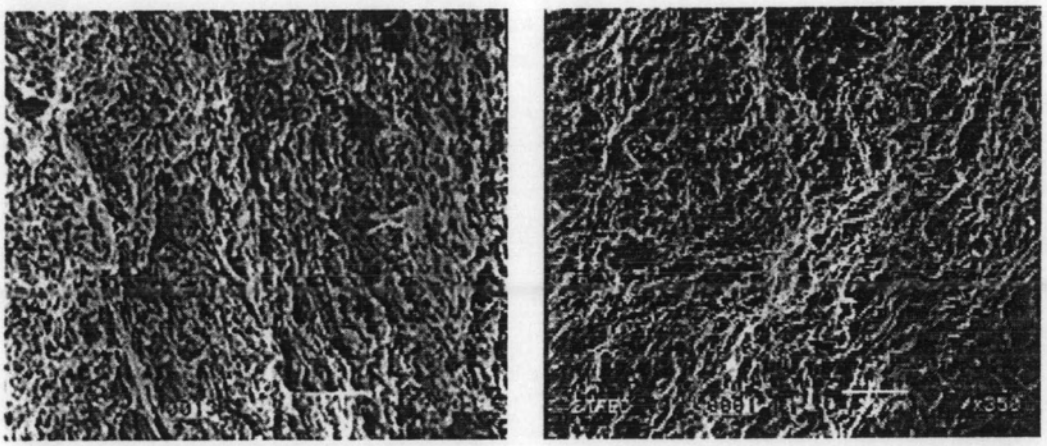
[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

เมื่อพิจารณาภาพตัดขวางโครงสร้างของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 350 เท่า (รูปที่ 4.15) พบว่าโครงสร้างเซลล์ของหอย

เป้าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เสียสภาพ เส้นใยกล้ามเนื้อเกาะกันแน่น เนื่องจากกระบวนการออสโมซิสทำให้เซลล์เกิดการหดตัวและเสียสภาพไป น้ำจึงเข้าไปในเนื้อเยื่อได้น้อย (Lewicki *et al.*, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการดูดน้ำคืนที่ลดลง



(a) (b)

รูปที่ 4.15 โครงสร้างตัดตามขวางของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ไม่ผ่านการแช่และที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v)
(a) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ไม่ผ่านการแช่ ที่กำลังขยาย 350 เท่า
(b) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ที่กำลังขยาย 350 เท่า

4.3.1.3 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของหอยเป๋าฮื้อ

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.29 พบว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดของมาตรฐานหอยแห้ง(มผช.310/2547) และมาตรฐานกะปิ (มอก. 1080-2535) ที่สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด โดยปริมาณจุลินทรีย์ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.67×10^2 - 7.33×10^3 CFU/g และบางตัวอย่างก็ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณราและยีสต์อยู่ในช่วง 1.00-20.30 CFU/g และไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย *S. aureus* *Vibrio spp.* และ *Cl. perfringens* และตัวอย่างควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ *S. aureus* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 6.49×10^2 43.30 <10 CFU/g และ <3 MPN/g ตามลำดับ และไม่พบ *Vibrio spp.* และ *Cl. perfringens* ดังนั้นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.29 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Cl. perfringens* *Vibrio spp.* และ *S. aureus* ในหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	จุลินทรีย์ทั้งหมด	รา และยีสต์	โคลิ-ฟอร์ม แบคทีเรีย	*Cl. perfringens*	*Vibrio spp.*	*S aureus*
	(CFU/g)	(CFU/g)	(MPN/g)	(CFU/g)	(CFU/g)	(CFU/g)
ตัวอย่างควบคุม[1]	6.49×10^2	43.30	<3	ND	ND	< 10
DSOR 10[2]	7.33×10^3	1.00	ND	ND	ND	ND
DSOR 20[2]	ND	7.33	ND	ND	ND	ND
DSOR 30[2]	1.33×10^3	20.30	ND	ND	ND	ND
DSOR 40[2]	ND	14.70	ND	ND	ND	ND
DSOR 50[2]	ND	3.67	ND	ND	ND	ND
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	6.67×10^2	19.70	ND	ND	ND	ND

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

4.3.1.4 ผลของการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และคืนรูป โดยการทดสอบทางลักษณะปรากฏและกลิ่นให้ผู้ทดสอบดูและดมกลิ่นในลักษณะของแห้ง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติให้ผู้ทดสอบชิมหอยเป๋าฮื้อที่คืนรูปแล้ว โดยการกัดและคายออก ประเมินผลโดยวิธี QDA with scoring 5 point scale และ Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.30 4.31 และ 4.32

ตารางที่ 4.30 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	ลักษณะปรากฏ			กลิ่น^{ns}
	สี	ความเต่งตึง	ความมันวาว^{ns}	
ตัวอย่างควบคุม[1]	3.63^{a} ± 0.49	3.57^{a} ± 0.50	3.30 ± 0.25	5.00 ± 0.00
DSOR 10[2]	3.40^{ab} ± 1.00	2.10^{d} ± 0.71	2.90 ± 0.93	5.00 ± 0.00
DSOR 20[2]	3.33^{ab} ± 0.76	2.77^{c} ± 0.63	3.07 ± 0.98	5.00 ± 0.00
DSOR 30[2]	2.97^{b} ± 0.81	2.93^{bc} ± 0.87	3.13 ± 0.94	5.00 ± 0.00
DSOR 40[2]	3.00^{b} ± 0.79	3.20^{ab} ± 0.96	3.23 ± 0.77	5.00 ± 0.00
DSOR 50[2]	3.47^{a} ± 0.86	3.47^{a} ± 0.97	3.40 ± 0.56	5.00 ± 0.00
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	3.20^{ab} ± 0.85	3.00^{bc} ± 0.83	3.43 ± 0.94	5.00 ± 0.00

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

ตารางที่ 4.31 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เมื่อคืนรูป

	ลักษณะปรากฏ		ลักษณะเนื้อสัมผัส			
	สี	ความเต่งตึง	ความยืดหยุ่น^{ns}	ความแข็ง^{ns}	ความเหนียว	รสชาติ
ตัวอย่างควบคุม[1]	4.00^{a} ± 0.79	4.17^{a} ± 0.38	2.90 ± 0.84	2.70 ± 0.47	2.57^{abc} ± 0.57	-[4]
DSOR 10[2]	3.97^{a} ± 0.56	3.17^{e} ± 1.12	2.37 ± 0.67	2.33 ± 0.66	2.13^{d} ± 0.68	1.87^{b} ± 0.90
DSOR 20[2]	3.77^{ab} ± 0.73	3.30^{ce} ± 0.84	2.67 ± 0.99	2.40 ± 0.81	2.23^{cd} ± 0.63	1.90^{b} ± 0.55
DSOR 30[2]	3.03^{d} ± 1.13	3.53^{cde} ± 1.04	2.80 ± 0.89	2.43 ± 0.82	2.37^{bcd} ± 0.61	2.13^{ab} ± 0.57
DSOR 40[2]	3.27^{c} ± 0.87	3.83^{abc} ± 1.09	2.90 ± 0.96	2.57 ± 0.82	2.70^{ab} ± 0.79	2.33^{a} ± 0.84
DSOR 50[2]	4.00^{a} ± 0.91	3.97^{ab} ± 0.72	2.93 ± 0.98	2.60 ± 0.62	2.83^{a} ± 0.87	2.47^{a} ± 1.01
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	3.50^{bc} ± 0.78	3.60^{bcd} ± 0.77	2.73 ± 0.91	2.50 ± 0.82	2.40^{bcd} ± 0.81	2.50^{a} ± 1.07

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

[4]- หมายถึง ไม่ได้ทดลอง

ตารางที่ 4.32 คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v)

	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ตัวอย่างควบคุม[1]	$7.83^{a} \pm 0.38$	$7.33^{a} \pm 0.88$	$7.47^{a} \pm 0.97$	-[2]	$7.50^{a} \pm 0.68$
DSOR 10[2]	$7.17^{b} \pm 0.79$	$5.50^{b} \pm 0.90$	$5.33^{e} \pm 0.80$	$5.63^{bc} \pm 1.16$	$5.47^{d} \pm 0.78$
DSOR 20[2]	$7.30^{b} \pm 0.75$	$5.47^{b} \pm 0.90$	$5.80^{d} \pm 0.85$	$5.77^{abc} \pm 1.01$	$6.03^{c} \pm 0.93$
DSOR 30[2]	$5.17^{d} \pm 0.91$	$5.53^{b} \pm 0.86$	$6.20^{d} \pm 0.81$	$5.90^{abc} \pm 1.03$	$6.23^{c} \pm 0.97$
DSOR 40[2]	$4.47^{e} \pm 0.82$	$5.50^{b} \pm 0.94$	$6.90^{bc} \pm 0.80$	$6.17^{ab} \pm 1.09$	$7.00^{b} \pm 0.69$
DSOR 50[2]	$7.80^{a} \pm 0.66$	$5.43^{b} \pm 0.82$	$7.30^{ab} \pm 0.88$	$6.27^{a} \pm 1.26$	$7.40^{a} \pm 0.50$
DSOR 50[2] + DSUC 50[3]	$5.70^{c} \pm 0.95$	$5.50^{b} \pm 0.86$	$6.67^{c} \pm 0.84$	$5.37^{c} \pm 1.61$	$6.83^{b} \pm 0.87$

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

[1]ตัวอย่างควบคุม หมายถึง หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

[2]DSOR 10, 20, 30,... หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, ...% (w/v) แล้วอบแห้ง

[3]DSUC 50 หมายถึง หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้ง

[4]- หมายถึง ไม่ได้ทดลอง

ลักษณะปรากฏ คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความเด่งตึง และความมันวาวของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ทั้งที่ยังไม่ได้คืนรูปและคืนรูปแล้ว มีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นๆ (ตารางที่ 4.30 และ 4.31) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากกว่าหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 20% (w/v) รองลงมาคือหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 30% (w/v)และสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 40% (w/v) (ตารางที่ 4.32) เนื่องจากหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v)มีสีน้ำตาลน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ

กลิ่น คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.30) ในขณะที่หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.32) โดยตัวอย่างควบคุมได้รับคะแนนความชอบมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) เนื่องจากผู้ทดสอบคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอล และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครส

ลักษณะเนื้อสัมผัส หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในขณะที่หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) สารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอล และซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และตัวอย่างควบคุม ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่นและความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.31 และ 4.32) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v)ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่นและความเหนียวมากกว่าตัวอย่าง

ควบคุม แต่หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งและคะแนนความชอบน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม

รสชาติ หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสและคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.31 และ 4.32) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสและความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 2.47 และ 6.27 ตามลำดับ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีรสหวานเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้

ความชอบโดยรวม หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 10-50% (w/v) และสารละลายผสมระหว่างซอร์บิทอลและซูโครสที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.32) โดยหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.40 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าว ทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูง

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ภาวะเร่ง

4.4.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.4.1.1 สมบัติด้านสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C โดยใช้ระบบ Hunter (L, a, b) ด้วยเครื่อง Minolta Chroma meter (CR 300 Series, Minolta, Tokyo, Japan) และคำนวณความแตกต่างของสีเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ 0 วัน (ΔE) ตามสมการที่ 4.1 (Hunter, 1975 cited in Ochoa, 1999) แสดงผลดังตารางที่ 4.33 – 4.35 และรูปที่ 4.16

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.33 ค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ค่าสี	เวลา (วัน)				
		0	7	14	21	28
35	L	$43.81^{b} \pm 2.02$	$44.50^{a} \pm 0.29$	$43.19^{ab} \pm 0.72$	$40.30^{bc} \pm 2.99$	$37.93^{c} \pm 1.08$
	a	$4.93^{b} \pm 0.49$	$2.16^{c} \pm 0.20$	$5.10^{b} \pm 1.72$	$8.88^{a} \pm 1.38$	$9.75^{a} \pm 0.93$
	b^{ns}	16.55 ± 2.74	15.93 ± 0.98	13.99 ± 2.52	16.26 ± 0.78	14.05 ± 1.51
	ΔE	0.00	4.27	3.49	13.98	32.00
45	L	$43.81^{a} \pm 2.02$	$34.17^{b} \pm 0.69$	$31.66^{bc} \pm 1.59$	$31.17^{c} \pm 0.69$	$30.17^{c} \pm 1.84$
	a	$4.93^{b} \pm 0.49$	$3.88^{c} \pm 0.44$	$4.09^{bc} \pm 0.33$	$4.62^{bc} \pm 0.71$	$6.29^{a} \pm 0.58$
	b	$16.55^{a} \pm 2.74$	$6.07^{b} \pm 2.71$	$8.05^{b} \pm 0.85$	$6.80^{b} \pm 1.62$	$6.53^{b} \pm 0.88$
	ΔE	0.00	102.00	110.26	127.50	144.14
55	L	$43.81^{a} \pm 2.02$	$32.45^{b} \pm 4.38$	$30.86^{bc} \pm 1.00$	$28.85^{bc} \pm 0.27$	$27.93^{c} \pm 1.07$
	a	$4.93^{a} \pm 0.49$	$2.41^{bc} \pm 0.81$	$0.95^{c} \pm 0.81$	$2.63^{b} \pm 0.62$	$6.16^{a} \pm 1.18$
	b	$16.55^{a} \pm 2.74$	$9.37^{b} \pm 5.58$	$1.29^{c} \pm 0.56$	$2.18^{c} \pm 0.77$	$1.31^{c} \pm 0.80$
	ΔE	0.00	93.50	208.21	217.94	243.06

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวแนว หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.34 ค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ค่าสี	เวลา (วัน)				
		0	7	14	21	28
35	L	49.28 ± 1.25	46.72 ± 1.91	45.99 ± 2.53	45.20 ± 1.59	43.96 ± 2.63
	a	1.76 ± 1.10	1.35 ± 0.66	1.70 ± 0.52	1.96 ± 0.46	2.21 ± 0.25
	b^{ns}	16.00^{a} ± 2.38	15.33^{a} ± 1.10	14.62^{ab} ± 0.20	12.76^{b} ± 0.10	12.39^{b} ± 0.97
	ΔE	0.00	3.60	6.38	13.60	20.78
45	L	49.28^{a} ± 1.25	43.13^{b} ± 1.56	42.11^{bc} ± 2.91	43.10^{b} ± 2.45	38.90^{c} ± 1.13
	a	1.76 ± 1.10	3.24 ± 1.39	3.75 ± 1.25	3.80 ± 0.48	4.60 ± 1.26
	b	16.00^{a} ± 2.38	16.01^{a} ± 3.39	15.66^{a} ± 1.63	8.56^{b} ± 0.32	8.50^{b} ± 1.13
	ΔE	0.00	20.02	27.75	48.91	86.10
55	L	49.28^{a} ± 1.25	37.87^{b} ± 2.18	37.49^{b} ± 4.12	35.37^{b} ± 1.12	34.32^{b} ± 1.76
	a	1.76^{b} ± 1.10	4.56^{a} ± 0.28	4.97^{a} ± 0.65	5.88^{a} ± 0.40	6.25^{a} ± 2.27
	b	16.00 ± 2.38	11.08 ± 3.48	10.11 ± 0.59	9.91 ± 3.01	9.59 ± 3.01
	ΔE	0.00	81.17	92.08	123.96	142.52

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวแนว หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.35 ค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ค่าสี	เวลา (วัน)				
		0	7	14	21	28
35	L	38.96^{a} ± 1.29	36.39^{ab} ± 1.64	35.17^{bc} ± 0.28	33.53^{c} ± 2.39	32.68^{c} ± 0.89
	a	3.22 ± 0.57	0.42 ± 0.29	1.87 ± 1.48	2.33 ± 1.69	2.69 ± 0.46
	b^{ns}	8.26^{a} ± 1.25	5.44^{b} ± 2.12	5.46^{b} ± 1.80	4.59^{b} ± 0.57	4.01^{b} ± 0.63
	ΔE	0.00	11.17	11.98	21.80	28.85
45	L	38.96^{a} ± 1.29	38.02^{ab} ± 1.22	36.37^{abc} ± 1.59	35.73^{bc} ± 1.62	33.92^{b} ± 2.27
	a	3.22 ± 0.57	3.41 ± 1.30	3.93 ± 0.42	4.43 ± 0.73	5.00 ± 0.81
	b	8.26^{a} ± 1.25	6.00^{b} ± 1.40	5.84^{b} ± 1.22	4.27^{b} ± 1.09	3.81^{b} ± 0.52
	ΔE	0.00	3.00	6.51	13.88	24.13
55	L	38.96^{a} ± 1.29	37.35^{ab} ± 2.33	35.00^{b} ± 0.57	29.37^{c} ± 1.68	28.89^{c} ± 2.07
	a	3.22^{b} ± 0.57	2.69^{b} ± 0.64	2.22^{b} ± 0.50	5.63^{a} ± 0.62	5.69^{a} ± 0.69
	b	8.26^{a} ± 1.25	5.16^{b} ± 0.94	2.36^{c} ± 0.45	2.94^{c} ± 0.47	2.22^{c} ± 0.44
	ΔE	0.00	6.23	25.69	62.96	71.85

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

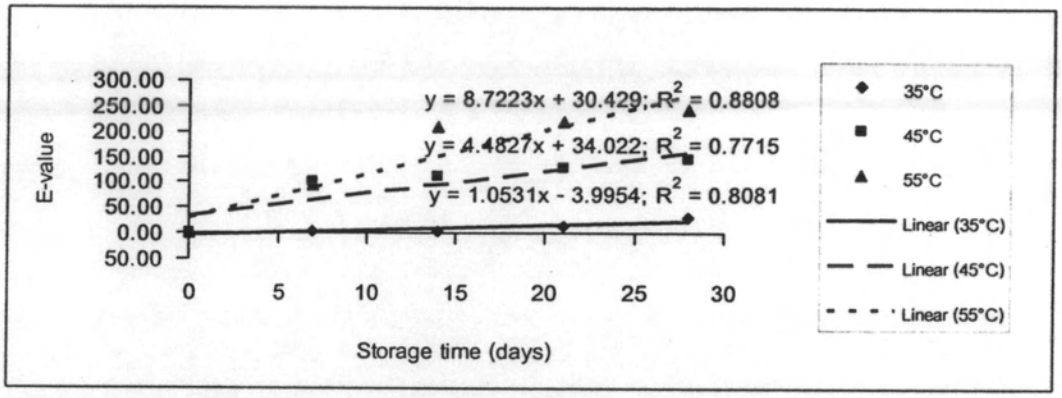
a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวแนว หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.33-4.35 และรูปที่ 4.16 พบว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อ อบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อ อบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) มีค่าความสว่าง และค่าเป็นสีเหลืองลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์จึงมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55°C มีค่าความสว่างและค่าเป็นสีเหลืองลดลงมากกว่า และค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ การที่ค่าความสว่าง

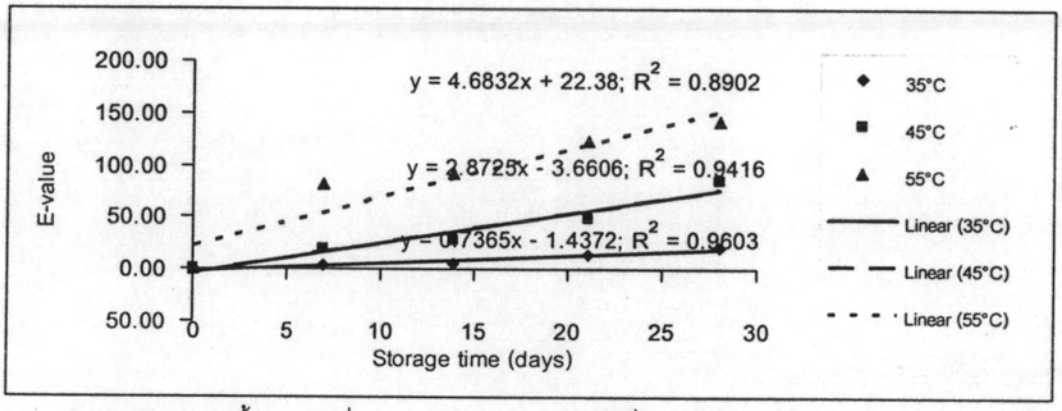
และค่าเป็นสีเหลืองลดลง และค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา โดยน้ำตาลที่มีหมู่รีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของโปรตีน นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน ได้แก่ อัลดีไฮด์ เช่น มาลอนอัลดีไฮด์ และคาร์บอนิลอื่นๆ สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้เช่นกัน กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้สี เช่น เมลานอยดินส์ (melanoidins) และเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส (Stansby 1963; Pigott and Tucker, 1990) และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 4.16) พบว่าค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L a และ b ในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่อธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ (zero order) (Labuza, 1984)

4.4.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

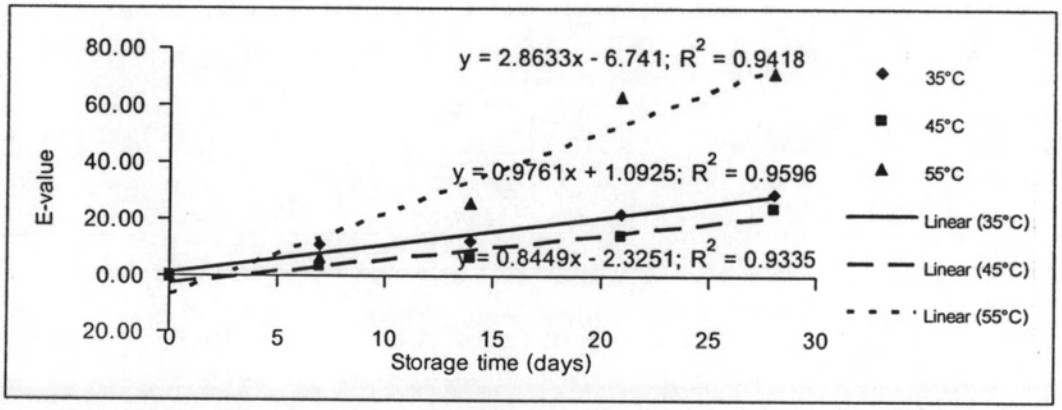
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C แสดงผลดังรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บรักษา โดยปกติอาหารแห้งจะมีความดันไอสูง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยก็เป็นสาเหตุให้เกิดการเกาะตัวของไอน้ำภายในภาชนะบรรจุ (Quast and Teixeira Neto, 1976) เมื่อนำผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่มีปริมาณความชื้นต่ำประมาณ 20% (w/v) ซึ่งเก็บไว้ภายในภาชนะที่ปิดสนิท ไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C ซึ่งมีปริมาณความชื้นสูง จึงทำให้เกิดการถ่ายเทหรือซึมผ่านของปริมาณน้ำจากด้านในภาชนะบรรจุไปสู่ภายนอกเพื่อสร้างภาวะสมดุลระหว่างด้านในภาชนะบรรจุกับสภาวะแวดล้อม จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นภายในภาชนะบรรจุและในตัวผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (Hermandez and Giacin, 1998)



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

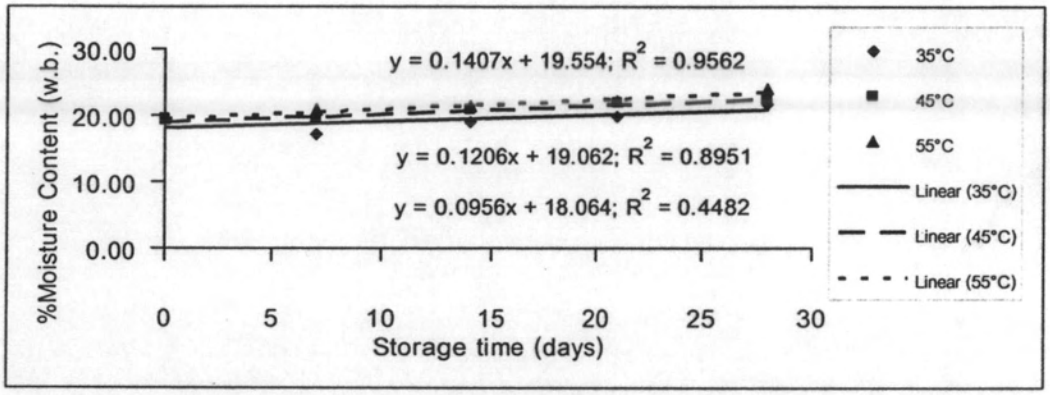


b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

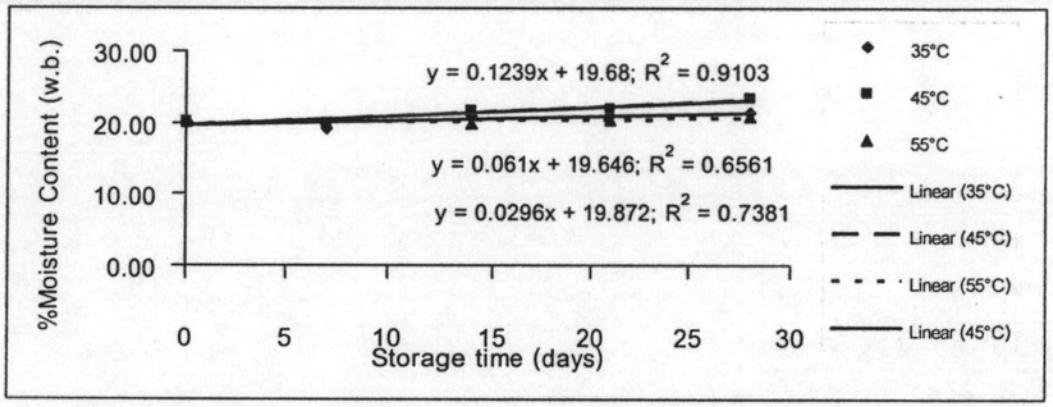


c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลเข้มข้น 50% และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

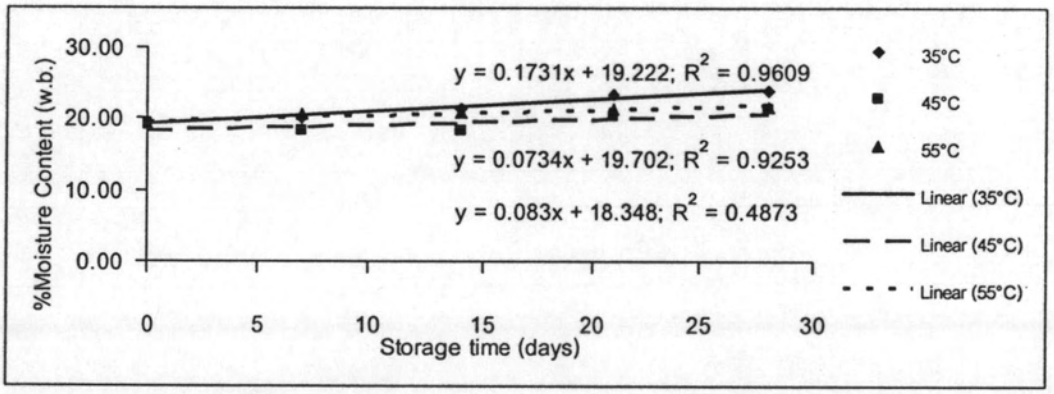
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)



b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)



c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

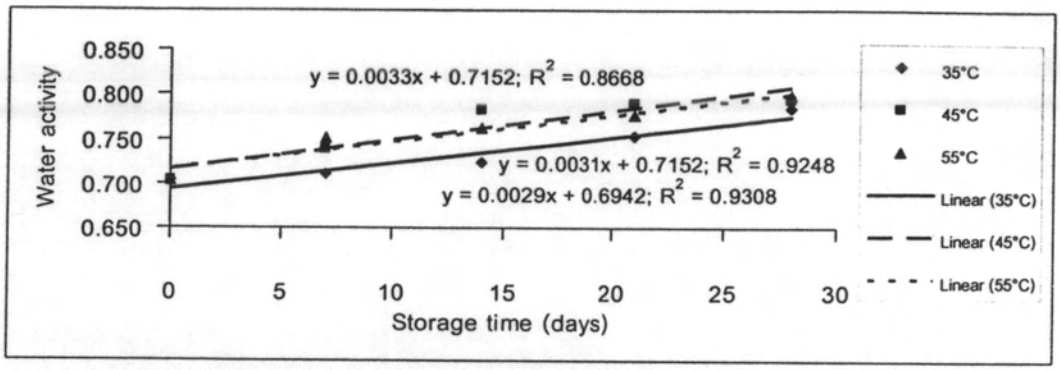
รูปที่ 4.17 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

4.4.1.3 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

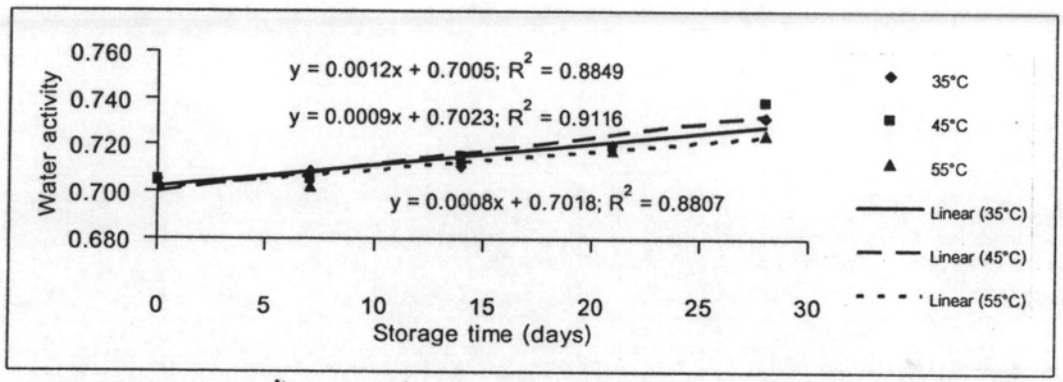
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C แสดงผลดังรูปที่ 4.18 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นอาหารแห้งจึงสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นด้วย (Paine and Paine, 1992)

4.4.1.4 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการดูดน้ำคืนของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

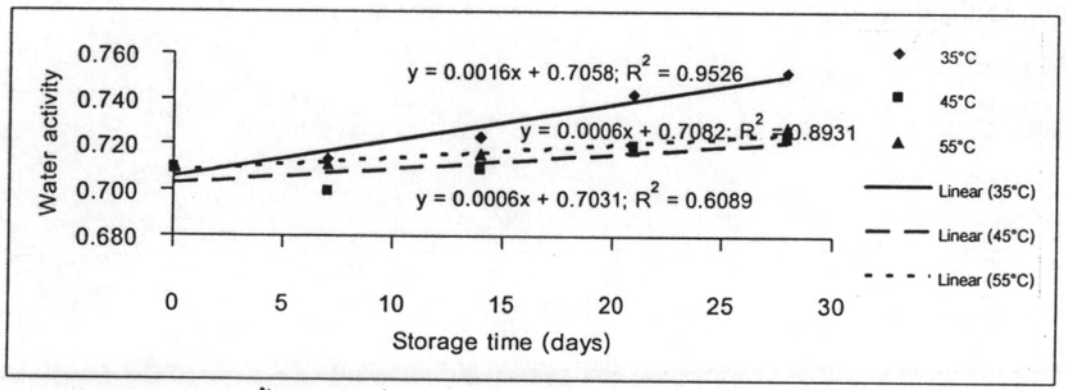
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการดูดน้ำคืนของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.19 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดน้ำคืนของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นอาหารแห้งจึงสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจึงเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำคืนลดลงด้วย



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)

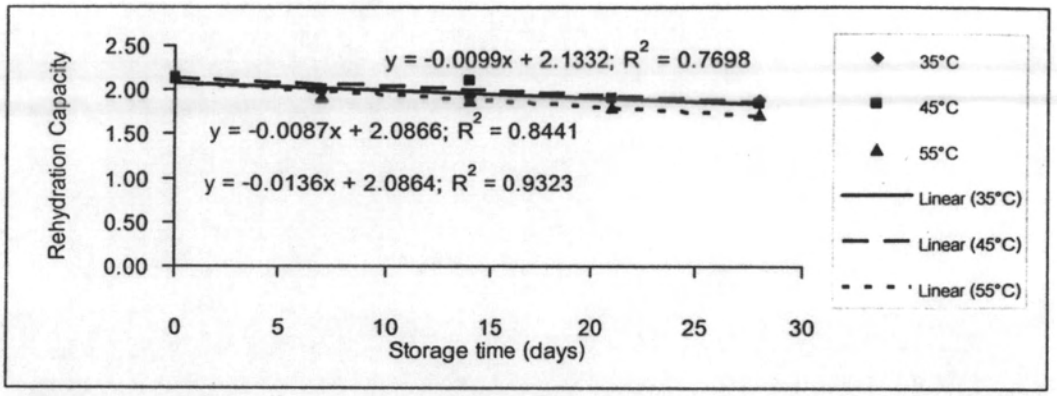


b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

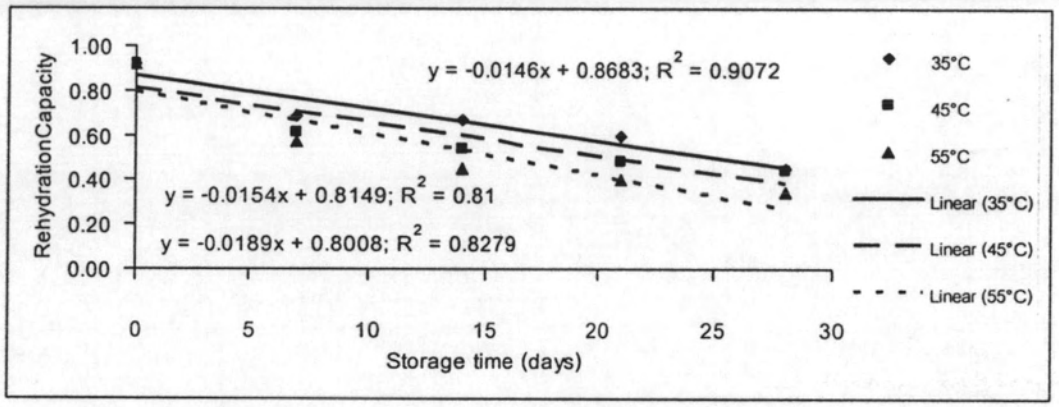


c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

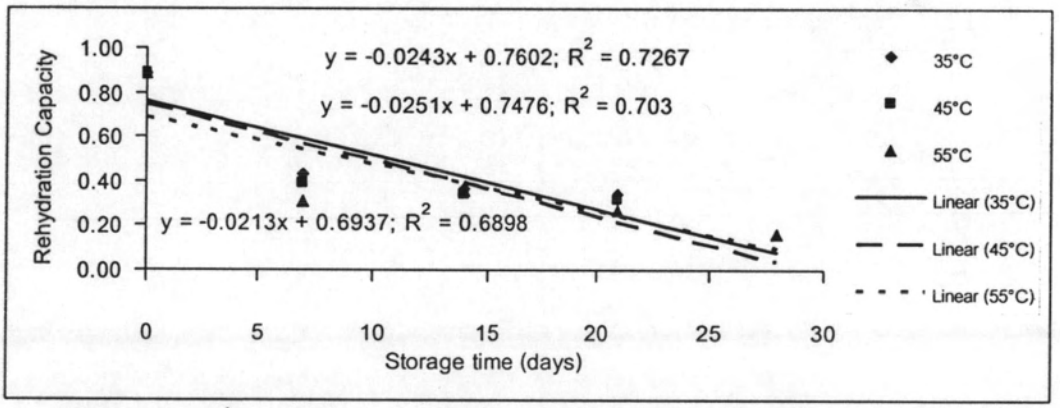
รูปที่ 4.18 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)



b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)



c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

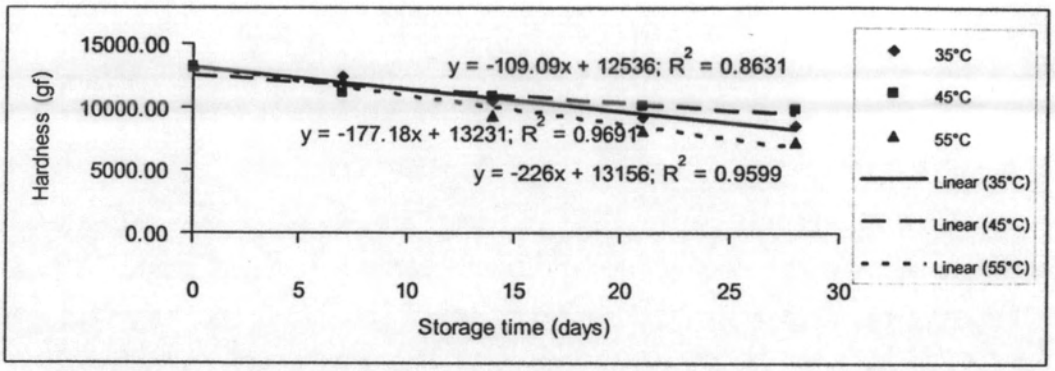
รูปที่ 4.19 ความสามารถในการดูดน้ำคืนของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

4.4.1.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

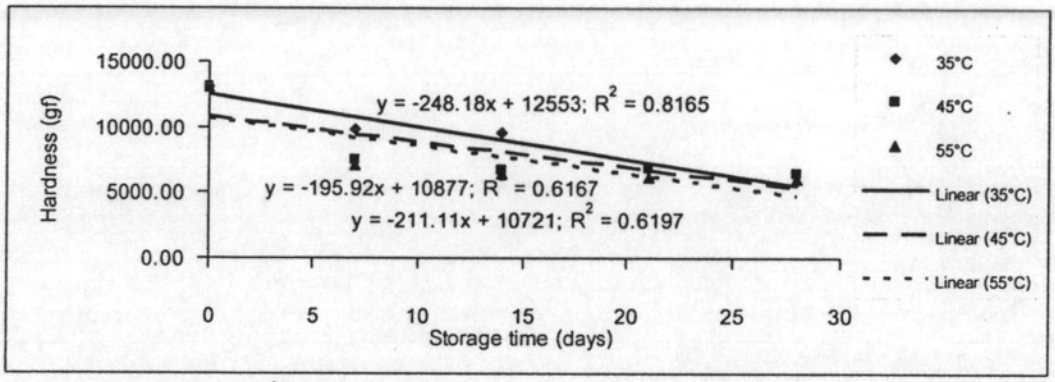
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.20 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นอาหารแห้งจึงสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นภายในผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งเมื่อคืนรูปแล้วมีเนื้อนุ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดรุณี พีรพัฒนกุล (2529) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาหมึกกระดองแห้ง พบว่าปลาหมึกกระดองแห้งที่บรรจุในถุงโพลีเอทธีลีน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน มีความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้ปลาหมึกกระดองมีเนื้อสัมผัสนุ่มและเคี้ยวง่ายขึ้น

4.4.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

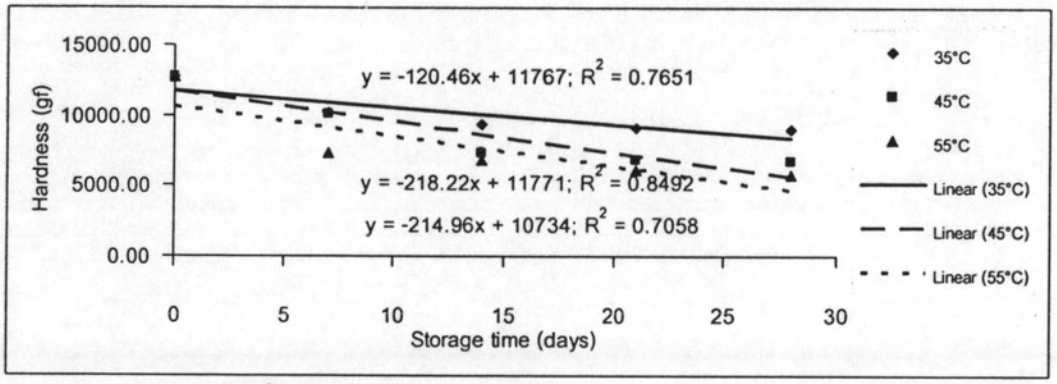
เมื่อวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดก่อนการบรรจุ (ตารางที่ 4.36 - 4.41) พบว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 667.67 CFU/g ราและยีสต์ 0.33 CFU/g และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 667.67 CFU/g และไม่พบราและยีสต์ นอกจากนี้ยังไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Vibrio* spp. *S.aureus* และ *Cl. perfringens* ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดด้วย



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)



b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)



c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

รูปที่ 4.20 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณรา และยีสต์ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.36-4.41 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณรา และยีสต์ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า a_w ที่เพิ่มขึ้นนี้ สามารถทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานหอยแห้ง (มผช.310/2547) ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด ซึ่งได้กำหนดไว้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 10^5 และ 2×10^2 CFU/g ตามลำดับ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณราและยีสต์ต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด จึงยังมีความปลอดภัยในการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.36 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	1.33×10^3	1.33×10^3	4.67×10^3
45^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	2.00×10^3	1.33×10^3	2.00×10^3
55^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.37 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	1.33×10^3
45^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	2.00×10^3
55^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	1.33×10^3	1.33×10^3

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.38 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35^{ns}	6.67×10^2	0.00	0.00	0.00	1.33×10^3
45^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	1.33×10^3
55^{ns}	6.67×10^2	6.67×10^2	6.67×10^2	1.33×10^3	2.67×10^3

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.39 ปริมาณราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณราและยีสต์ (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35^{ns}	0.33	0.33	3.67	3.67	3.67
45^{ns}	0.33	0.33	0.33	3.67	3.67
55^{ns}	0.33	0.33	0.33	0.67	20.67

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.40 ปริมาณราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณราและยีสต์ (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35[ns]	0.00	0.00	0.00	3.67	7.00
45[ns]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55[ns]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.41 ปริมาณราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ปริมาณราและยีสต์ (CFU/g) เวลา (วัน)				
	0	7	14	21	28
35[ns]	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
45	0.33[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.33[b]	19.33[a]
55[ns]	0.33	0.33	0.33	4.00	14.67

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, และ b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) โดยประเมินการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ (acceptance test) ในด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 45 และ 55°C โดยใช้เกณฑ์ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน

(Poole *et al.*, 1990) เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) ได้ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.42 – 4.50

ตารางที่ 4.42 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.77^{a} \pm 0.50$	$7.00^{b} \pm 1.58$	$6.60^{bc} \pm 0.72$	$6.50^{c} \pm 1.04$	$6.30^{c} \pm 1.12$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.40^{a} \pm 0.93$	$5.40^{b} \pm 0.81$	$5.20^{b} \pm 1.03$	$5.13^{b} \pm 1.22$	$5.10^{b} \pm 1.12$
การยอมรับโดยรวม	$7.47^{a} \pm 0.68$	$5.80^{b} \pm 1.13$	$5.40^{bc} \pm 1.04$	$5.33^{bc} \pm 1.18$	$5.20^{c} \pm 1.03$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.43 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.77^{a} \pm 0.50$	$5.87^{b} \pm 1.01$	$5.37^{c} \pm 0.85$	$5.03^{c} \pm 0.96$	$2.40^{d} \pm 0.62$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.40^{a} \pm 0.93$	$6.60^{b} \pm 0.50$	$6.20^{b} \pm 0.76$	$5.00^{c} \pm 0.83$	$4.20^{d} \pm 0.76$
การยอมรับโดยรวม	$7.47^{a} \pm 0.68$	$6.07^{b} \pm 1.26$	$5.60^{c} \pm 0.72$	$5.03^{d} \pm 0.85$	$3.20^{e} \pm 0.85$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.44 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 55°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.77^{a} \pm 0.50$	$5.03^{b} \pm 0.61$	$2.40^{c} \pm 0.50$	$1.40^{d} \pm 0.50$	$1.03^{e} \pm 0.18$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.40^{a} \pm 0.93$	$5.00^{b} \pm 0.64$	$4.40^{c} \pm 0.81$	$3.00^{d} \pm 0.45$	$2.40^{e} \pm 0.56$
การยอมรับโดยรวม	$7.47^{a} \pm 0.68$	$5.03^{b} \pm 0.81$	$3.80^{c} \pm 0.48$	$1.70^{d} \pm 0.47$	$1.40^{e} \pm 0.50$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.45 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.87^{a} \pm 1.07$	$7.00^{b} \pm 0.91$	$6.37^{c} \pm 1.25$	$6.03^{cd} \pm 0.96$	$5.80^{d} \pm 1.06$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.57^{a} \pm 1.14$	$6.47^{b} \pm 0.51$	$6.20^{bc} \pm 1.27$	$5.90^{bc} \pm 1.16$	$5.67^{c} \pm 0.99$
การยอมรับโดยรวม	$7.50^{a} \pm 1.17$	$6.30^{b} \pm 0.65$	$6.03^{bc} \pm 1.10$	$5.93^{bc} \pm 0.98$	$5.70^{c} \pm 0.95$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.46 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.87^{a} \pm 1.07$	$6.33^{b} \pm 1.40$	$6.03^{b} \pm 1.22$	$5.00^{c} \pm 0.87$	$3.70^{d} \pm 0.95$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.57^{a} \pm 1.14$	$6.80^{b} \pm 1.10$	$6.67^{b} \pm 0.76$	$5.20^{c} \pm 1.10$	$4.93^{c} \pm 0.91$
การยอมรับโดยรวม	$7.50^{a} \pm 1.17$	$7.17^{a} \pm 0.79$	$6.67^{b} \pm 0.76$	$5.17^{c} \pm 0.87$	$4.20^{d} \pm 0.96$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.47 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 55°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.87^{a} \pm 1.07$	$6.03^{b} \pm 0.93$	$5.10^{c} \pm 0.84$	$4.40^{d} \pm 0.97$	$3.33^{e} \pm 0.71$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.57^{a} \pm 1.14$	$5.73^{b} \pm 1.14$	$5.20^{c} \pm 0.89$	$4.57^{d} \pm 0.94$	$4.23^{d} \pm 0.94$
การยอมรับโดยรวม	$7.50^{a} \pm 1.17$	$5.93^{b} \pm 1.26$	$5.10^{c} \pm 0.76$	$4.80^{c} \pm 0.71$	$3.33^{d} \pm 0.84$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.48 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.73^{a} \pm 0.64$	$6.20^{b} \pm 0.76$	$5.60^{c} \pm 0.93$	$5.50^{c} \pm 0.97$	$5.33^{c} \pm 1.03$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.23^{a} \pm 0.90$	$7.10^{a} \pm 0.96$	$6.47^{b} \pm 0.73$	$6.27^{b} \pm 1.36$	$6.17^{b} \pm 1.49$
การยอมรับโดยรวม	$7.33^{a} \pm 0.55$	$6.30^{b} \pm 1.51$	$5.83^{bc} \pm 0.91$	$5.70^{c} \pm 0.88$	$5.60^{c} \pm 0.77$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.49 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.73^{a} \pm 0.64$	$6.00^{b} \pm 1.23$	$5.33^{c} \pm 0.61$	$5.07^{c} \pm 1.14$	$4.20^{d} \pm 0.92$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.23^{a} \pm 0.90$	$6.80^{ab} \pm 1.10$	$6.50^{b} \pm 1.04$	$5.90^{c} \pm 1.18$	$5.10^{d} \pm 1.12$
การยอมรับโดยรวม	$7.33^{a} \pm 0.55$	$6.10^{b} \pm 0.99$	$5.67^{c} \pm 0.84$	$5.13^{d} \pm 0.78$	$4.30^{e} \pm 0.95$

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.50 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) แล้วอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 55°C

คะแนนการยอมรับเฉลี่ย	วัน				
	0	7	14	21	28
สี	$7.73^{a} \pm 0.64$	$5.07^{b} \pm 0.69$	$4.33^{c} \pm 0.71$	$3.33^{d} \pm 0.80$	$3.00^{d} \pm 0.45$
ลักษณะเนื้อสัมผัส	$7.23^{a} \pm 0.90$	$6.57^{b} \pm 1.50$	$5.20^{c} \pm 1.10$	$4.87^{cd} \pm 0.97$	$4.50^{d} \pm 0.86$
การยอมรับโดยรวม	$7.33^{a} \pm 0.55$	$5.83^{b} \pm 0.79$	$3.83^{c} \pm 0.87$	$3.07^{d} \pm 0.69$	$2.50^{e} \pm 0.68$

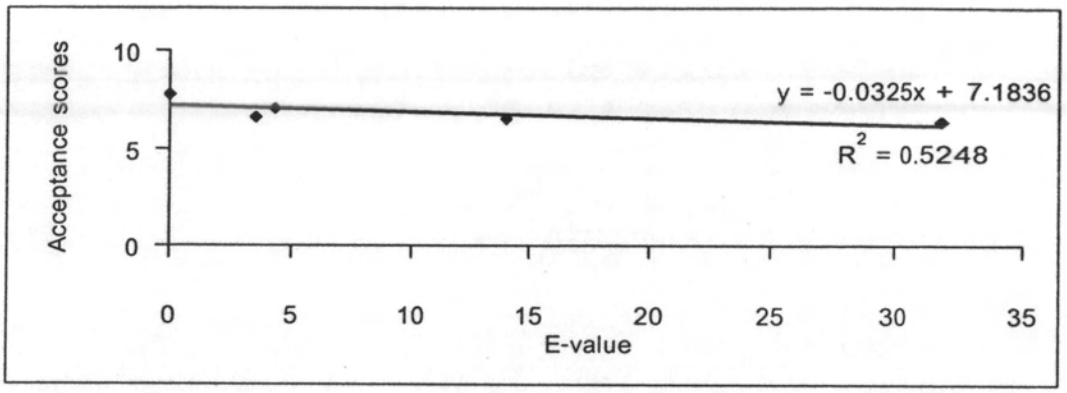
a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.42 4.45 และ 4.48 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษา 28 วัน ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35°C ในทุกๆ ด้านอยู่

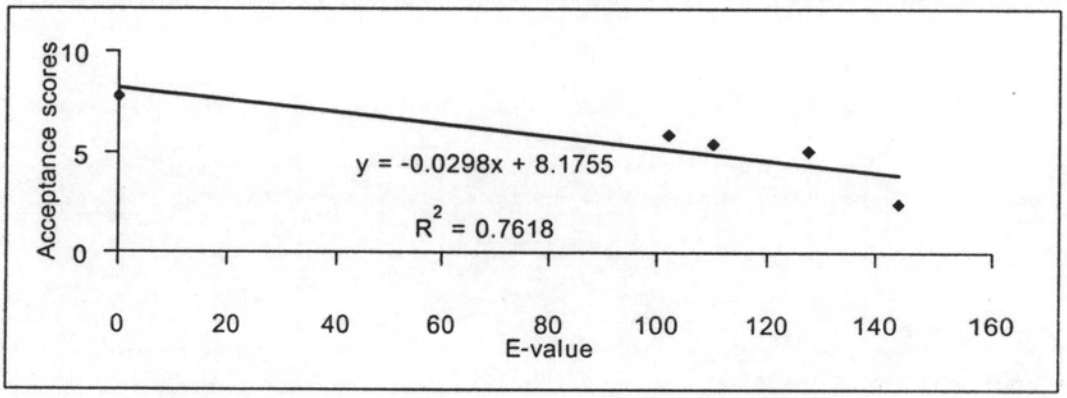
จากตารางที่ 4.43 4.46 และ 4.49 จะเห็นว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45°C ในด้านสีและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ที่เวลา 21 21 และ 21 วัน ตามลำดับ ส่วนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ไม่ได้รับการยอมรับที่เวลา 21 21 และ 28 วัน ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.44 4.47 และ 4.50 จะเห็นว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 55°C ในด้านสีและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ที่เวลา 7 14 และ 7 วัน ตามลำดับ ส่วนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ไม่ได้รับการยอมรับที่เวลา 7 14 และ 14 วัน ตามลำดับ

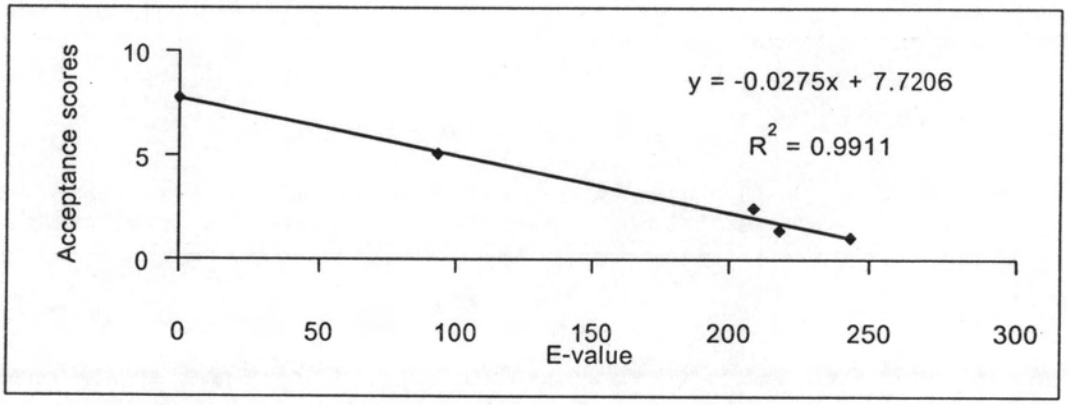
เมื่อต้องการทราบเวลาที่ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพที่อุณหภูมิห้อง (30°C) สามารถทำนายได้จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่งทั้ง 3 อุณหภูมิ (35 45 และ 55°C) ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.21–4.23 เพื่อหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เมื่อผู้ทดสอบไม่ยอมรับ หลังจากนั้นนำค่า ΔE ที่ได้มาคำนวณหาระยะเวลาในการเก็บรักษาจากสมการในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงผลดังรูปที่ 4.26 เมื่อได้ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ของทั้ง 3 อุณหภูมิแล้ว นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิ ซึ่งจะได้ค่า Q_{10} จากความชันของกราฟ แล้วนำค่า Q_{10} มาใช้คำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) โดยใช้สมการ Q_{10} ดังสมการที่ 2.1



a) ที่อุณหภูมิ 35°C

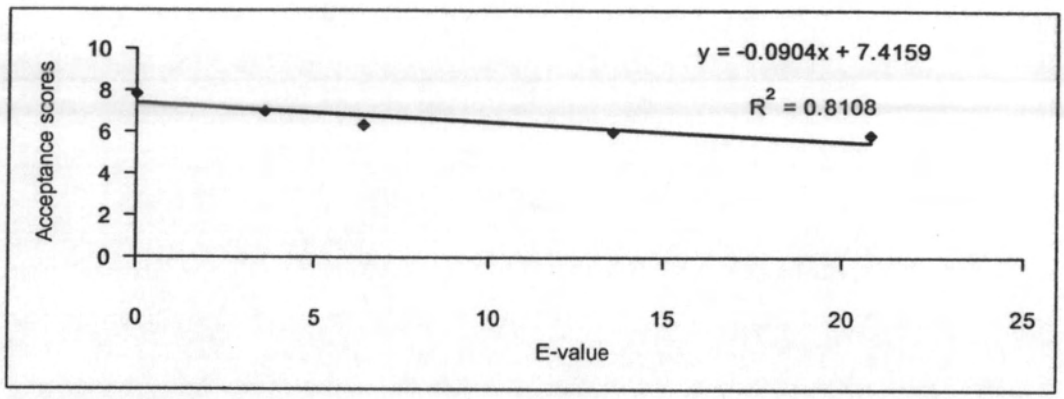


b) ที่อุณหภูมิ 45°C

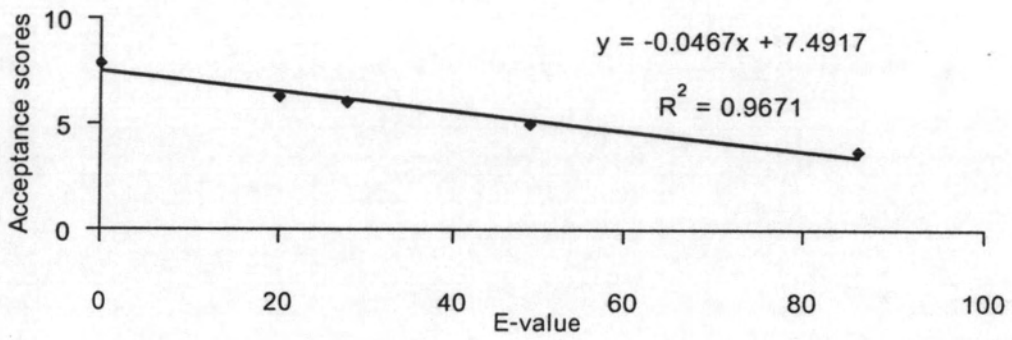


c) ที่อุณหภูมิ 55°C

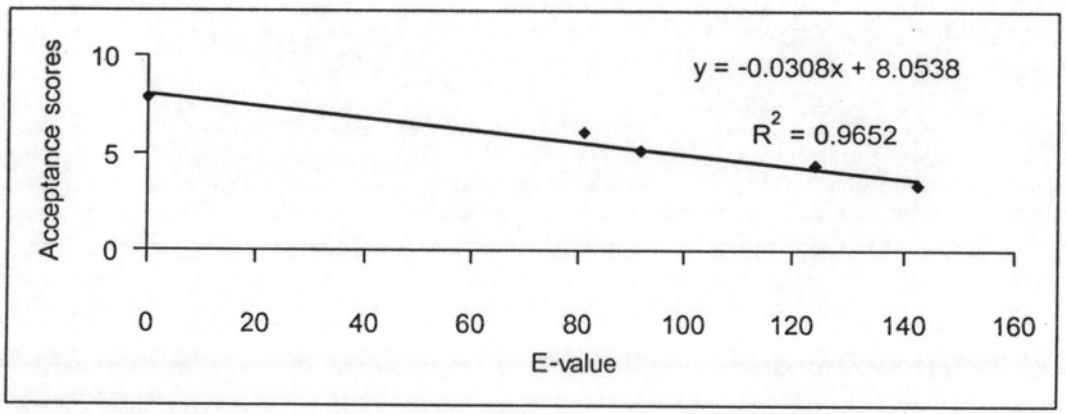
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งที่ 35 45 และ 55°C



a) ที่อุณหภูมิ 35°C

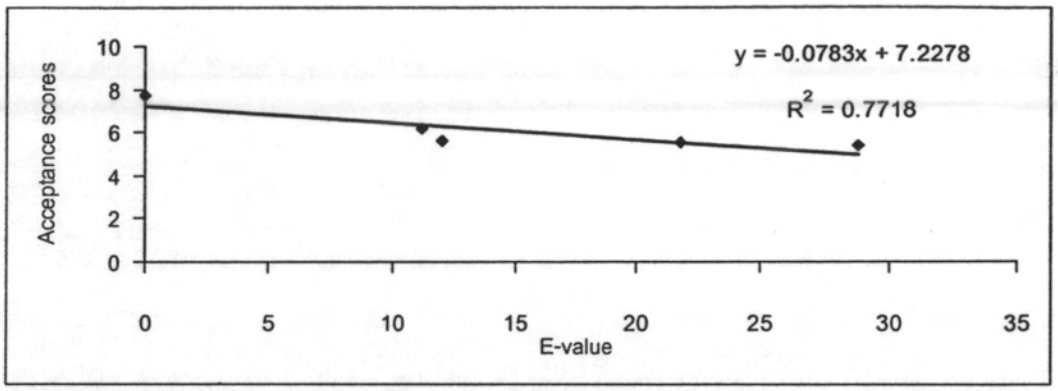


b) ที่อุณหภูมิ 45°C

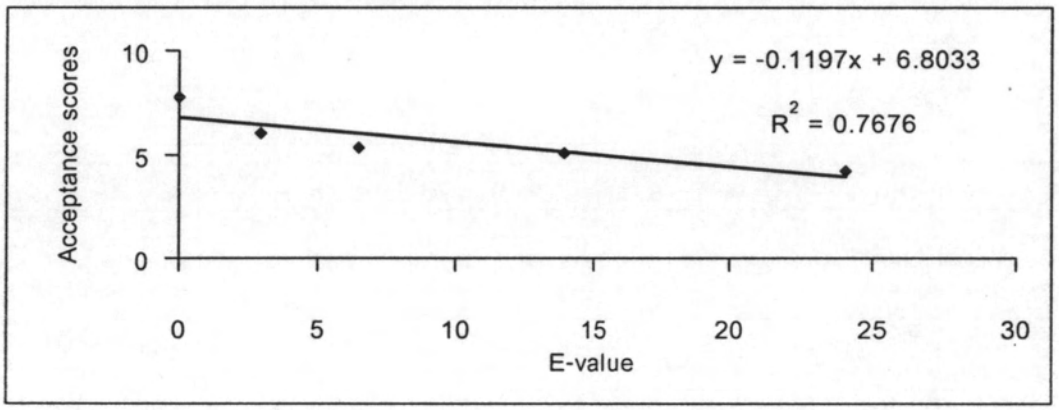


c) ที่อุณหภูมิ 55°C

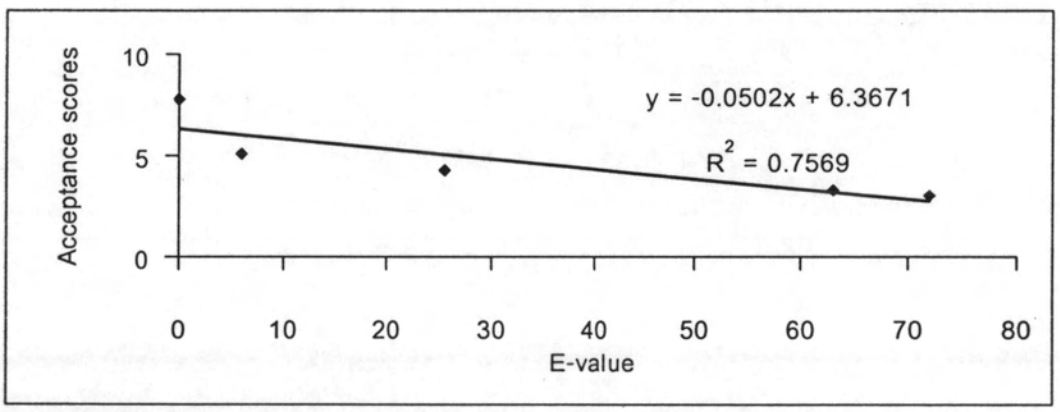
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งที่ 35 45 และ 55°C



a) ที่อุณหภูมิ 35°C

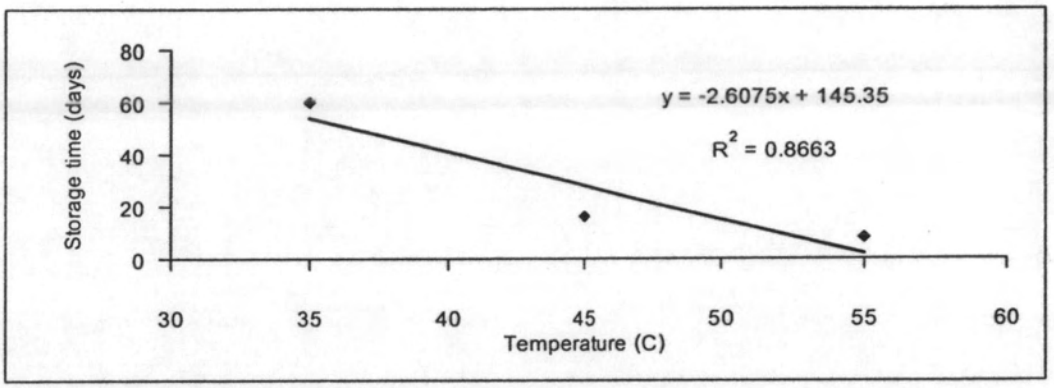


b) ที่อุณหภูมิ 45°C

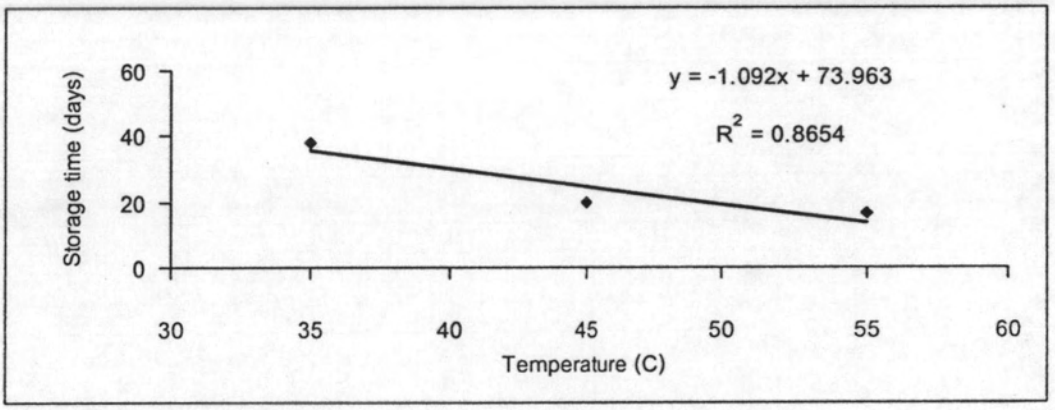


c) ที่อุณหภูมิ 55°C

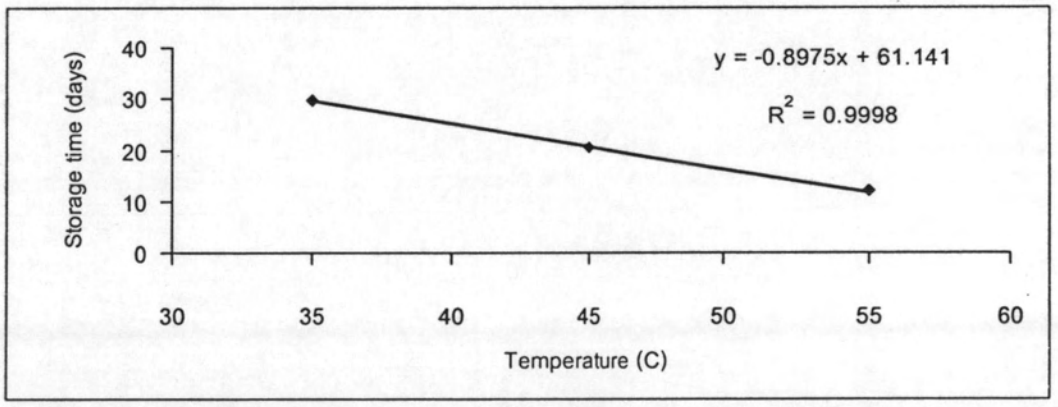
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งที่ 35 45 และ 55°C



a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h)



b) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)



c) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งที่ 35 45 และ 55°C

ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้ง

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE (รูปที่ 4.21) สามารถคำนวณหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เมื่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = -0.0325x + 7.1835$

$5 = -0.0325x + 7.1835$

$x = 67.18$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = -0.0298x + 8.1755$

$5 = -0.0298x + 8.1755$

$x = 106.56$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = -0.0275x + 7.7206$

$5 = -0.0275x + 7.7206$

$x = 98.93$

ดังนั้น ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 67.18 106.56 และ 98.93 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.16 a) สามารถคำนวณระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = 1.0531x + 3.9954$

$67.18 = 1.0531x + 3.9954$

$x = 60.00$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = 4.4827x + 34.022$

$106.56 = -4.4827x + 34.022$

$x = 16.18$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = 8.7223x + 30.429$

$98.93 = 8.7223x + 30.429$

$x = 7.85$

ดังนั้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 60.00 16.18 และ 7.85 วัน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิ (รูปที่ 4.24 a) จะได้ค่า Q_{10} เท่ากับ 2.6075 หลังจากนั้นคำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) โดยใช้สมการ Q_{10} ซึ่งจะได้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เท่ากับ 68 วัน

ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE (รูปที่ 4.22) สามารถคำนวณหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เมื่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = -0.0904x + 7.4159$

$5 = -0.0904x + 7.4159$

$x = 26.72$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = -0.0467x + 7.4917$

$5 = -0.0467x + 7.4917$

$x = 53.36$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = -0.0308x + 8.0538$

$5 = -0.0308x + 8.0538$

$x = 99.15$

ดังนั้น ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 26.72 53.36 และ 99.15 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.16 b) สามารถคำนวณระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = 0.7365x - 1.4372$

$26.72 = 0.7365x - 1.4372$

$x = 38.23$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = 2.8725x - 3.6606$

$53.36 = 2.8725x - 3.6606$

$x = 19.85$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = 4.6832x + 22.38$

$99.15 = 4.6832x + 22.38$

$x = 16.39$

ดังนั้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 38.23 19.85 และ 16.39 วัน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิ (รูปที่ 4.24 b) จะได้ค่า Q_{10} เท่ากับ 1.092 หลังจากนั้นคำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) โดยใช้สมการ Q_{10} ซึ่งจะได้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เท่ากับ 23 วัน

ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE (รูปที่ 4.23) สามารถคำนวณหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เมื่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = -0.0738x + 7.2278$

$5 = -0.0738x + 7.2278$

$x = 30.19$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = -0.1197x + 6.8033$

$5 = -0.1197x + 6.8033$

$x = 15.07$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = -0.0502x + 6.3671$

$5 = -0.0502x + 6.3671$

$x = 27.23$

ดังนั้น ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 30.19 15.07 และ 27.23 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.16 c) สามารถคำนวณระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C $y = 0.9761x + 1.0925$

$30.19 = 0.9761x + 1.0925$

$x = 29.81$

ที่อุณหภูมิ 45°C $y = 0.8449x - 2.3251$

$15.07 = 0.8449x - 2.3251$

$x = 20.59$

ที่อุณหภูมิ 55°C $y = 2.8633x - 6.741$

$27.23 = 2.8633x - 6.741$

$x = 11.86$

ดังนั้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55°C เท่ากับ 29.81 20.59 และ 11.86 วัน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิ (รูปที่ 4.24 c) จะได้ค่า Q_{10} เท่ากับ 0.8975 หลังจากนั้นคำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) โดยใช้สมการ Q_{10} ซึ่งจะได้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เท่ากับ 18 วัน

จากการทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) มีอายุการเก็บรักษา 68 23 และ 18 วัน ตามลำดับ

จากการคำนวณ พบว่าอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้ออบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (10 h) ที่อุณหภูมิ 30°C มีแนวโน้มใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 35°C เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 35°C ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบอยู่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ซึ่งอายุการเก็บน่าจะมากกว่า 28 วัน (ตารางที่ 4.42) ในขณะที่อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หอย

เป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) ที่อุณหภูมิ 30°C นั้น สั้นกว่าที่อุณหภูมิ 35°C (ตารางที่ 4.45 และ 4.48) โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35°C นั้น ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบเมื่อระยะเวลา 28 วัน ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องจากความแปรปรวนจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ซึ่งผู้ทดสอบอาจไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (6 h) และหอยเป๋าฮื้อออบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 50% (w/v) และอบแห้งที่ 75°C (4 h)/ 55°C (3 h) มีผลทำให้การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คลาดเคลื่อนได้