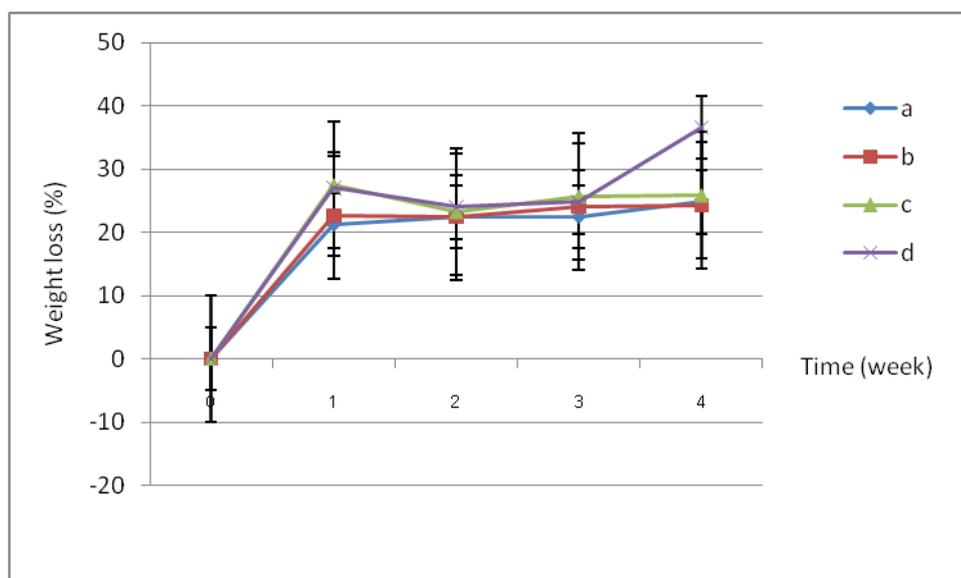


การทดลองที่ 3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการละลายลำไยแช่แข็ง

จากการศึกษา สภาวะที่เหมาะสมใน การละลายลำไยปอกเปลือก แช่แข็ง เก็บรักษาเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ และทำการวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ โดยศึกษาผลของการละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ 10, 20, 30 และ 50°C ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเนื้อลำไยแช่แข็ง พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของลำไย แช่แข็งที่ละลายที่อุณหภูมิ 10, 20 และ 30°C มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 50°C มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 22)

ในสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษานั้น ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30 และ 50°C มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 50°C มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การสูญเสียน้ำหนักของ การละลายลำไยแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 และ 3 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

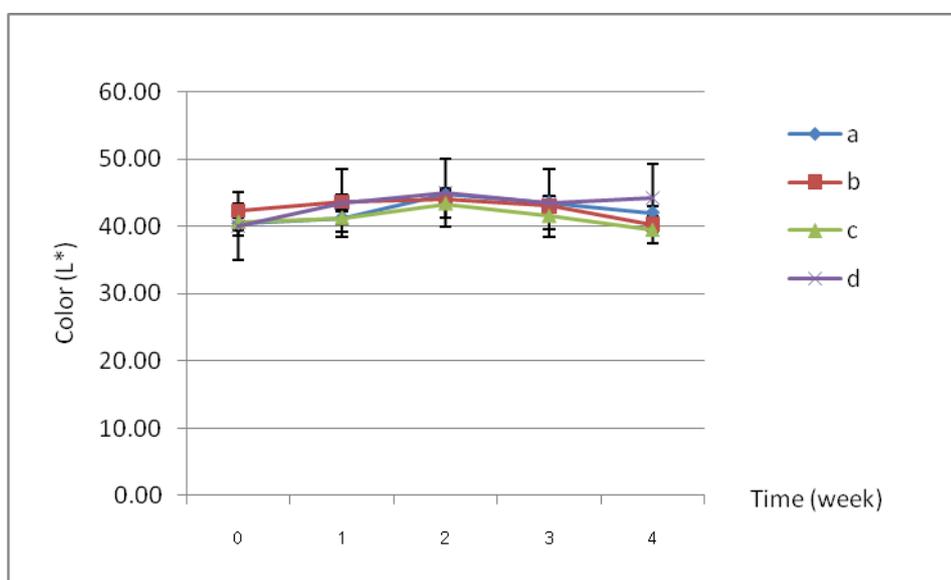


ภาพที่ 22 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)

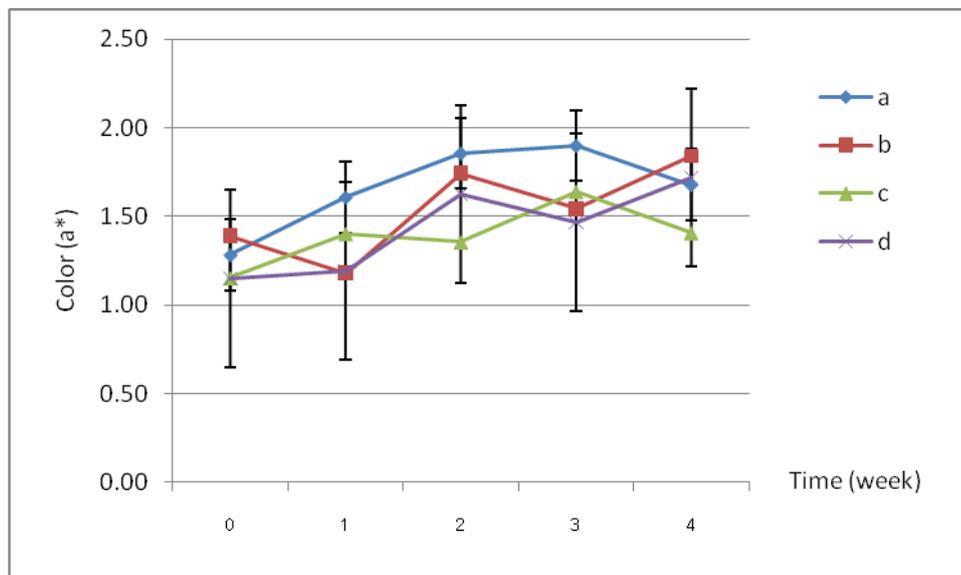
การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อลำไยโดยการวัดค่า L^* a^* และ b^* พบว่าค่า L^* ของการละลายลำไยแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* เพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 23) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C มีค่า L^* อยู่ระหว่าง 40.40-44.71, 40.29-43.99, 40.63-43.37 และ 40.05-44.98 ตามลำดับ

ค่า a^* ของเนื้อลำไยทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยเนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C มีค่า a^* อยู่ระหว่าง 1.28-1.90, 1.18-1.84, 1.15-1.64 และ 1.15-1.72 ตามลำดับ และระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a^* (ภาพที่ 24)

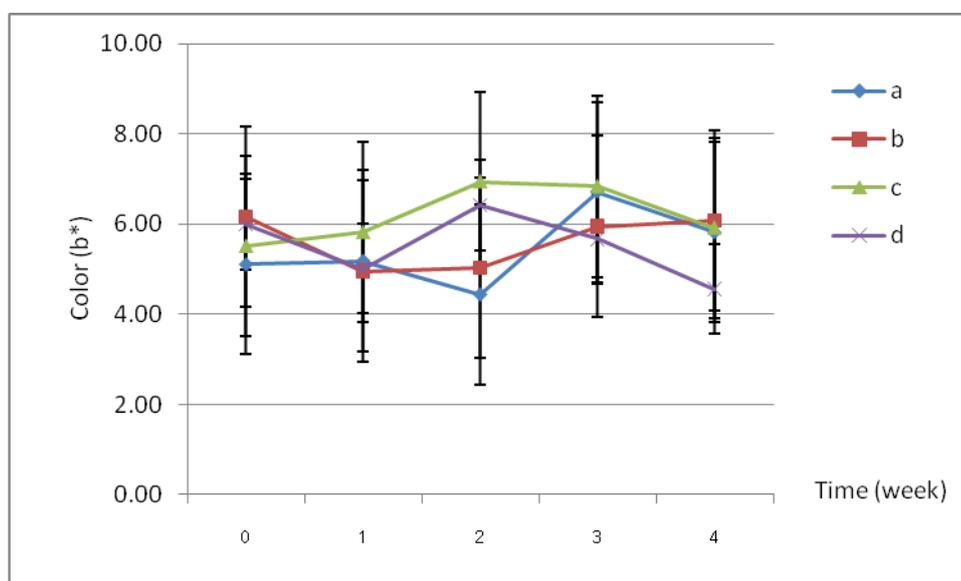
สภาวะการละลายไม่มีผลต่อ ค่า b^* ของเนื้อลำไย เนื่องจากการละลายลำไยแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และระยะเวลาเก็บรักษา ที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* (ภาพที่ 25) โดยเนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C มีค่า b^* อยู่ระหว่าง 2.79 – 4.71, 2.99 – 4.59 และ 2.45 – 4.34 ตามลำดับ



ภาพที่ 23 ค่าสี (L^*) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)



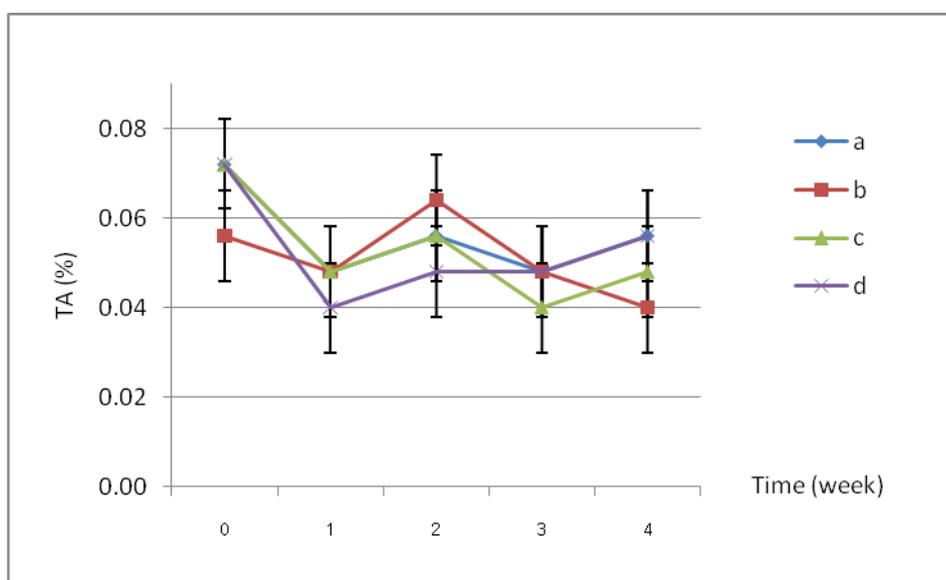
ภาพที่ 24 ค่าสี (a*) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)



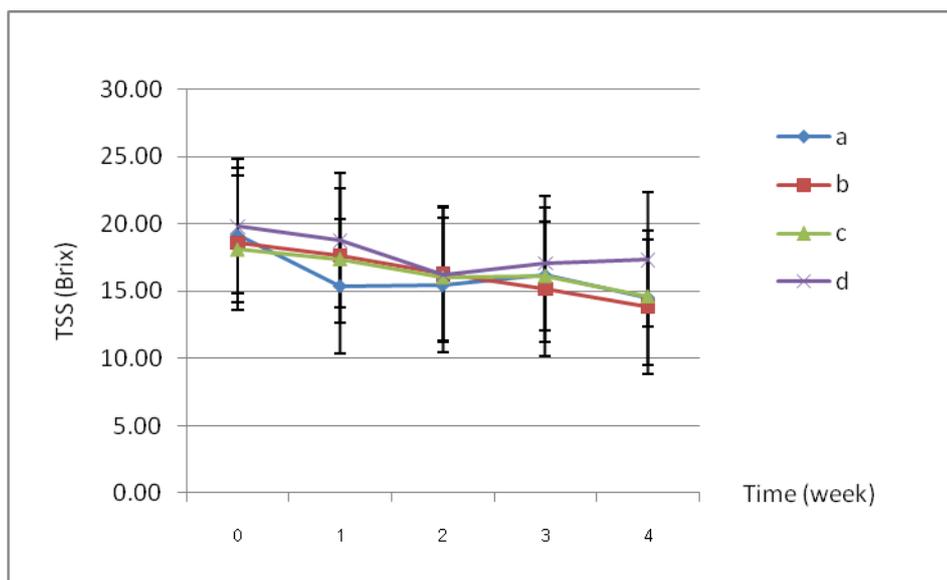
ภาพที่ 25 ค่าสี (b*) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)

ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ของเนื้อลำไย แช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C มีค่าอยู่ระหว่าง 0.04 – 0.07% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (ภาพที่ 26)

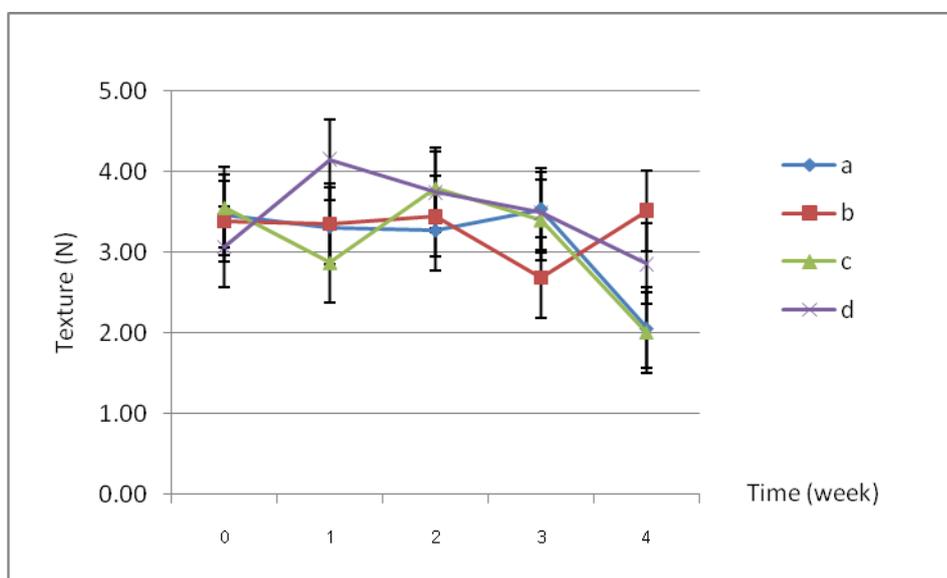
การละลาย ลำไยแช่แข็งที่ อุณหภูมิ 50°C นั้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าลำไย แช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20 และ 30°C (ภาพที่ 27) ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C มีค่าน้อยกว่าลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 50°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษานั้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของลำไยแช่แข็ง ละลายที่อุณหภูมิ 10°C มีค่า 15.38 °Brix ซึ่งน้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 50°C ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของ เนื้อลำไยแช่แข็งไม่มีความแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ($p > 0.05$) สำหรับในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษานั้น การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20 และ 30°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และพบว่า การละลาย ลำไยแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 26 ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (%) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)



ภาพที่ 27 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)

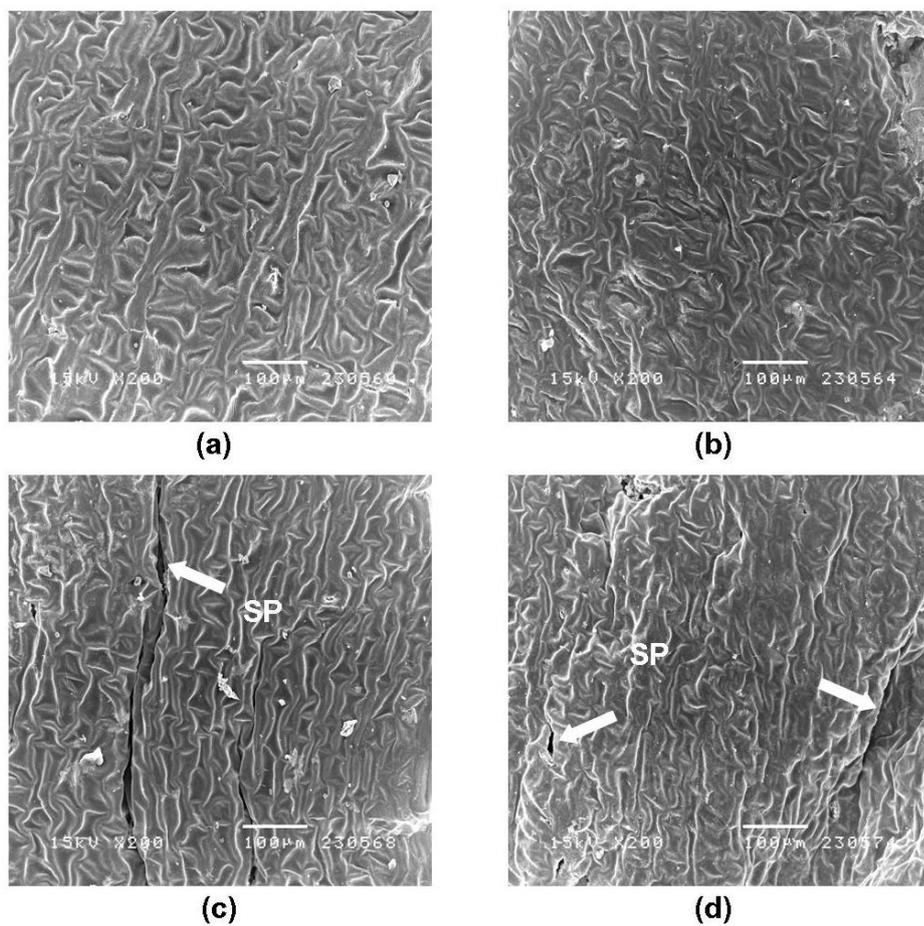


ภาพที่ 28 ความแน่นเนื้อ (N) ของผลลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 10°C (a) การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20°C (b) การละลายลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C (c) และ การละลายลำไยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 50°C (d)

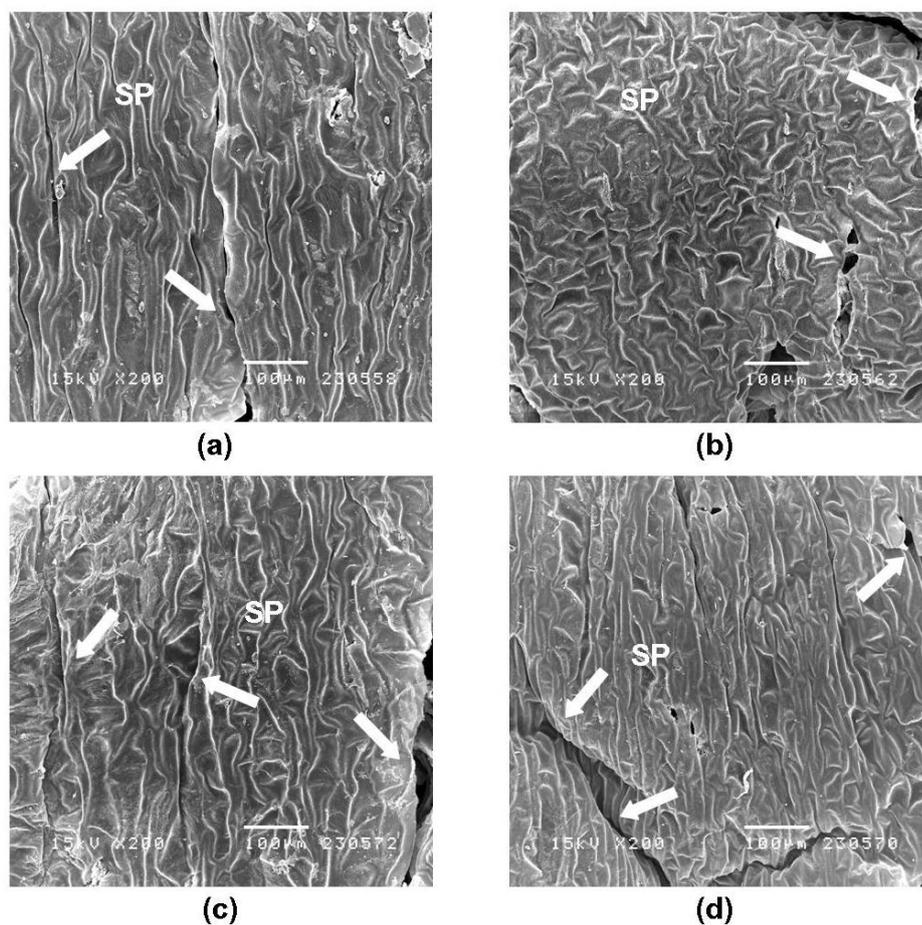
ความแน่นเนื้อของลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C มีค่าอยู่ระหว่าง 2.06-3.54, 2.68-4.02, 2.01-3.80 และ 2.86-4.15 ตามลำดับ (ภาพที่ 28) โดยค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ที่ระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นค่าความแน่นเนื้อของลำไยทั้ง 4 สิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

จากการศึกษา ลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อของ ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 และ 4 สัปดาห์ ด้วยเครื่อง SEM (กำลังขยาย 200X) พบว่าในสัปดาห์เริ่มต้นของการเก็บรักษา นั้นลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ไม่เกิดการแยกตัวของเซลล์ แต่เซลล์มีลักษณะที่ยาวนอย่างเห็นได้ชัดเจน (ภาพที่ 29a และ b) โครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อของลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30 และ 50°C เกิดการแยกตัวของเซลล์เห็นได้อย่างชัดเจน และเกิดความเสียหายต่อเซลล์มากกว่าลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C (ภาพที่ 29c และ d)

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นจนถึง 4 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของเซลล์เกิดมากขึ้น โครงสร้างของเซลล์ถูกทำลาย และการแยกตัวของเซลล์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์น้อยกว่า ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30 และ 50°C (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 29 ภาพถ่ายโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยจาก เครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า ลำไยแช่แข็งเก็บรักษาเป็นเวลา 0 สัปดาห์ (a) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10°C (b) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 20°C (c) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C และ (d) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 50°C (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)



ภาพที่ 30 ภาพถ่ายโครงสร้างเนื้อเยื่อของลำไยจาก เครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า ลำไยแช่แข็งเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (a) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10°C (b) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 20°C (c) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 30°C และ (d) เนื้อลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 50°C (SP คือ การแยกตัวของเซลล์; separation of cells)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมที่มีต่อเนื้อลำไยแช่ แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 50°C แสดงดังตารางที่ 13 - 17

จากการประเมิน คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น คะแนนความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมของเนื้อลำไยทั้ง 4 สิ่งทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการละลายลำไยแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่าคะแนนความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมของลำไยแช่แข็ง ละลายที่อุณหภูมิ 10°C มีแนวโน้มมีค่าสูงกว่าอีก 3 สิ่งทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 ของการเก็บรักษา ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 10°C นั้น มีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ ในขณะที่ลำไยแช่แข็งละลายที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 50°C มีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ยอมรับในสัปดาห์เริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษาเท่านั้น

ตารางที่ 13 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้านสี ของลำไยแช่แข็งนำมาละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 หรือ 50°C เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0 ^{ns}	1	2	3 ^{ns}	4 ^{ns}
ละลายที่ 10°C	7.13A	6.97aA	6.03aB	3.90C	3.80C
ละลายที่ 20°C	6.90A	6.40bcA	4.93bB	4.37BC	3.83C
ละลายที่ 30°C	6.93A	6.00cB	5.00bC	4.27C	3.17D
ละลายที่ 50°C	7.00A	6.83abA	5.00bB	4.27B	3.50C

a-c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A-D ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 14 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้าน ลักษณะปรากฏของลำไยแช่แข็งนำมาละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 หรือ 50°C เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0 ^{ns}	1	2	3 ^{ns}	4
ละลายที่ 10°C	6.57A	6.37aA	5.70aA	4.70B	3.83aC
ละลายที่ 20°C	6.77A	5.50bB	4.73bBC	4.67C	4.13aC
ละลายที่ 30°C	6.40A	5.47bB	4.13bcC	4.20C	3.63abC
ละลายที่ 50°C	6.93A	6.10aB	3.70cC	3.70C	3.07bC

a-c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A-C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้าน เนื้อสัมผัสของลำไยแช่แข็งนำมาละลายที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 หรือ 50°C เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3 ^{ns}	4 ^{ns}
ละลายที่ 10°C	6.67bA	6.17aA	5.23aB	3.53C	3.23C
ละลายที่ 20°C	6.67bA	5.27bB	3.77bCD	3.93C	3.03D
ละลายที่ 30°C	6.83abA	5.63abB	3.57bC	3.37C	3.17C
ละลายที่ 50°C	7.27aA	6.07aB	4.33abC	4.07C	2.77D

a-b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A-D ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 16 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้าน กลิ่นรสของลำไยแช่แข็งนำมาละลายที่ อุณหภูมิ 10, 20, 30 หรือ 50°C เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1 ^{ns}	2	3	4
ละลายที่ 10°C	6.43cA	6.00AB	5.30abBC	4.83aC	3.90bD
ละลายที่ 20°C	6.70bcA	6.00B	5.93aBC	5.27aCD	4.77aD
ละลายที่ 30°C	7.00abA	6.00B	5.10bC	3.80bD	3.63bD
ละลายที่ 50°C	7.30aA	6.53A	4.90bB	4.97aB	3.83bC

a-b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A-D ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 17 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบรวม ของลำไยแช่แข็งนำมาละลายที่ อุณหภูมิ 10, 20, 30 หรือ 50°C เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0 ^{ns}	1 ^{ns}	2	3 ^{ns}	4
ละลายที่ 10°C	7.13A	6.57AB	5.97aB	4.90C	4.03aD
ละลายที่ 20°C	7.00A	6.17B	4.47bC	4.30C	3.97abC
ละลายที่ 30°C	7.10A	5.90B	4.33bC	3.90CD	3.20cD
ละลายที่ 50°C	7.43A	6.30B	4.23bC	4.33C	3.37bcD

a-c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A-D ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ