

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของขึ้นมะม่วงทองในระหว่างการแช่

ธนกร ศรีวิเศษ^{1*} และบุศรากรณ์ มหาโยธี¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

*Srivised_t@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) และคุณภาพสีของมะม่วงแก้วขมิ้นระหว่างกระบวนการแช่ โดยใช้ขึ้นมะม่วงที่ผ่านการดองในน้ำเกลือ นำมาแช่ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 29.80 ± 0.10 องศาบริกซ์ โดยแช่ครั้งแรกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนสารละลายออสโมติกใหม่ (TSS = 29.80 ± 0.10 องศาบริกซ์) และแช่ต่ออีก 24 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์คุณภาพของขึ้นมะม่วงในช่วงเวลาที่ 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในขึ้นมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 3.30 ± 0.26 เป็น 23.50 ± 0.70 องศาบริกซ์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลกระบวนการออสโมซิส 48 ชั่วโมง และค่า pH ลดลงจาก 3.4 ± 0.04 เป็น 2.5 ± 0.05 ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นจาก 0.43 ± 0.10 เป็น 0.81 ± 0.10 นอกจากนี้ค่าความสว่างของสี (L^*) ของขึ้นมะม่วง และค่าความเข้มของสีเขียว ($-a^*$) ของขึ้นมะม่วงมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าความเข้มของสีเหลือง ($+b^*$) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการแช่

คำสำคัญ: มะม่วง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ กระบวนการออสโมติก ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

Changes in Physicochemical Properties of Pickled Mango Slices During the Osmotic Dehydration

Thanakorn Srivised^{1*} and Busarakorn Mahayothee¹

¹Department of Food Technology, Faculty of Engineering Industrial Technology, Silpakorn University

*Srivised_t@su.ac.th

Abstract

This research aimed to investigate the changes in total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity, and color quality of *Kaew Kamin* mango during the osmotic dehydration process. Mango pieces were pretreated brining in salt solution were used in this study. The osmotic dehydration was carried out using an osmotic solution with a concentration of 29.80 ± 0.10 °Brix. The samples were immersed in the osmotic solution for the first 24 hours, followed by replacement with fresh osmotic solution of the same concentration (29.80 ± 0.10 °Brix) and further immersion for another 24 hours. Quality analyses of the mango pieces were conducted at time intervals of 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, and 48 hours. The results showed that the total soluble solids in the mango pieces increased from 3.30 ± 0.26 to 23.50 ± 0.70 °Brix, reaching osmotic equilibrium at 48 hours. The pH value decreased from 3.4 ± 0.04 to 2.5 ± 0.05 , while titratable acidity increased from 0.43 ± 0.10 to 0.81 ± 0.10 . Furthermore, the lightness (L^*) and greenness ($-a^*$) values of the mango color decreased, whereas the yellowness ($+b^*$) value increased over time. These findings indicate significant physical and chemical changes in the product during the osmotic dehydration process.

Keyword: Mango, Total soluble solid (°Brix), Osmotic process, Titratable acidity

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่สำคัญของโลก ซึ่งถือเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงในการส่งออก ทั้งในรูปแบบผลไม้สดและแปรรูป จากข้อมูลของ Factories and foreign trade information services of Thailand [1] พบว่ามูลค่าการส่งออกมะม่วงของไทยในปี 2567 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 3,000 ล้านบาทในปี 2566 เป็น 5,000 ล้านบาท แสดงให้เห็นถึงความต้องการของตลาดโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยผลผลิตมะม่วงที่มีจำนวนมากในแต่ละฤดูกาล จึงมีความจำเป็นในการหาวิธีการจัดการผลผลิตส่วนเกินอย่างเหมาะสม โดยการแปรรูปเป็นหนึ่งในแนวทางที่ช่วยเพิ่มมูลค่า ถนอมอาหาร และยืดอายุการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การดองเป็นกระบวนการแปรรูปผลไม้ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย โดยเฉพาะในมะม่วงพันธุ์ที่มีเนื้อแน่น เช่น พันธุ์แก้วมื่น และโชคอนันต์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำมาแปรรูปในรูปแบบดองหรือแช่อิ่ม [2]

การดองผลไม้โดยเฉพาะมะม่วงมีหลากหลายวิธี เช่น การดองหวาน ดองเค็ม หรือดองด้วยน้ำส้มสายชู โดยการดองแบบหวานหรือแช่อิ่ม (osmotic dehydration) นั้นมีความน่าสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นกระบวนการถนอมอาหารที่ไม่ใช้ความร้อนสูง ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ไว้ได้เป็นอย่างดี [3]

กระบวนการนี้อาศัยหลักการออสโมซิสที่ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างผลไม้และสารละลายออสโมติก ส่งผลให้เนื้อมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี เช่น การเพิ่มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) การเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) และการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจของผู้บริโภค

ถึงแม้ว่ากระบวนการแช่ส้มจะได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วง แต่ยังคงขาดข้อมูลเชิงลึกที่ชัดเจนเกี่ยวกับพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงในช่วงกระบวนการดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะม่วงพันธุ์แก้วมื่นที่ผ่านการดองแล้วนำมาแช่ส้มในสารละลายน้ำตาล (การดองหวาน) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และคุณภาพของสี เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่ส้มที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีของมะม่วงพันธุ์แก้วมื่นระหว่างกระบวนการแช่ส้ม ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด , ค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และสีของชิ้นมะม่วงระหว่างกระบวนการดองหวาน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

นำตัวอย่างชิ้นมะม่วงที่ต้องเค็มในสารละลายดองเค็มที่มีความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 8 % (w/v) ขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร และหนา 4 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3.30 ± 0.26 องศาบริกซ์ และมีค่า pH 3.40 ± 0.04 จำนวน 24 ชิ้น แต่ละชิ้นใส่ในหลอดทดลองขนาด (25x155 มิลลิเมตร) แล้วเติมสารละลายแช่ส้มที่มีค่า TSS เท่ากับ 29.80 องศาบริกซ์ และค่า pH เท่ากับ 1.90 ลงในหลอดทดลองให้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของมะม่วงดองต่อสารละลายแช่ส้มเท่ากับ 1:1 กรัมโดยน้ำหนัก (w/w) (ภาพที่ 1) แช่ส้มจนครบ 24 ชั่วโมง (โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ตัวอย่างละ 3 ชิ้น) จากนั้นเปลี่ยนสารละลายแช่ส้มของแต่ละหลอดโดยใช้สารละลายแช่ส้มที่มีความเข้มข้นเดิม (มีค่า TSS 29.80 องศาบริกซ์ และค่า pH เท่ากับ 1.90) แล้วแช่ส้มต่อไปจนครบ 48 ชั่วโมง (เก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในช่วงเวลา 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง ตัวอย่างละ 3 ชิ้น) โดยนำสารละลายแช่ส้มที่ได้หลังจากการแช่ส้มทุก ๆ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และนำเนื้อมะม่วงได้หลังจากการแช่ส้มทุก ๆ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH ค่าสี และค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ในระหว่างการแช่ส้มจะทำที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส)

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
 - ใช้ผ้าขาวบางคั้นน้ำจากเนื้อมะม่วงแช่ส้มที่ช่วงเวลาต่างๆ และวิเคราะห์ปริมาณ TSS ด้วยเครื่อง Refractometer (PAL-1 ATAGO, Japan)
2. ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA)
 - ใช้ผ้าขาวบางคั้นน้ำจากเนื้อมะม่วงที่แช่ส้ม เพื่อวิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (SevenCompact S220, METTLER TOLEDO, Switzerland)
 - วิเคราะห์ค่า TA โดยเตรียมตัวอย่างเนื้อมะม่วงแช่ส้มชั่ง 5.00 ± 0.05 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง Homogenize ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที นำตัวอย่างที่ปั่นแล้ว ไปปรับ

ปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร จากนั้นบีบอัดสารละลาย 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ 3-4 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดสมมูลที่สารละลายตัวอย่างมีสีชมพูอมส้ม บันทึกค่า และรายงานค่าในหน่วย %TA เทียบกับกรดซิตริก (Islam et al., 2013) [4]

3. วัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี Colorflex EZ 45-0, HunterLab, VA, USA ในหน่วย CIE $L^*a^*b^*$ โดยใช้ตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ห่อด้วยพลาสติกใส เพื่อไม่ให้น้ำหยดลงไปสัมผัสเซนเซอร์ของเครื่อง วางบนช่องเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โดยในแต่ละชั้นจะตัดแต่งให้มีขนาด 2x2x2 เซนติเมตร ทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำต่อชั้น แล้วนำค่า L^* , a^* , b^* ไปคำนวณหาค่า ΔE เพื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของสี ดังสมการที่ 1 (Kouassi et al., 2024)

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ ΔE คือ การเปลี่ยนแปลงของสีมะม่วงที่เวลาใดๆ ต่อสีมะม่วงก่อนแช่

- L_1^* คือ ความสว่างของมะม่วงก่อนแช่ที่ 0 ชั่วโมง
- L_2^* คือ ความสว่างของมะม่วงก่อนแช่ที่ระยะเวลาต่าง ๆ
- a_1^* คือ แกนสีจากสีเขียว ($-a^*$) จนถึง สีแดง (a^*) ของมะม่วงก่อนแช่ที่ 0 ชั่วโมง
- a_2^* คือ แกนสีจากสีเขียว ($-a^*$) จนถึง สีแดง (a^*) ของมะม่วงก่อนแช่ที่ระยะเวลาต่าง ๆ
- b_1^* คือ แกนสีจากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึง สีเหลือง (b^*) ของมะม่วงก่อนแช่ที่ 0 ชั่วโมง
- b_2^* คือ แกนสีจากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึง สีเหลือง (b^*) ของมะม่วงก่อนแช่ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติ ทางเคมีของมะม่วงดองที่ผ่านการแช่ที่เวลาต่าง ๆ โดยวิเคราะห์การแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.05$) ด้วยโปรแกรม PASW Statistics for Windows version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วงดองที่แช่ในสารละลายแช่ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (% citric acid)
0	3.30±0.26 ^a	3.40±0.04 ^e	0.43±0.10 ^a
6	17.40±0.93 ^b	2.70±0.05 ^c	0.64±0.01 ^{ab}
12	19.40±1.02 ^c	2.70±0.05 ^c	0.73±0.10 ^b
18	16.50±0.62 ^b	2.90±0.05 ^d	0.77±0.10 ^b
24	18.80±0.30 ^c	2.50±0.13 ^b	0.77±0.10 ^b
30	22.90±1.21 ^d	2.30±0.04 ^a	0.73±0.10 ^b
36	24.10±1.22 ^d	2.40±0.04 ^a	0.81±0.20 ^b
42	23.90±0.55 ^d	2.30±0.04 ^a	0.81±0.20 ^b
48	23.50±0.70 ^d	2.50±0.05 ^b	0.81±0.10 ^b

หมายเหตุ : a-e หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละคอลัมน์

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของสารละลายแอสิมที่ผ่านการหมักมะม่วงดองที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาแอสิม (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (% citric acid)
0	29.80±0.10 ^h	1.90±0.10 ^a	0.03±0.00 ^a
6	19.50±0.30 ^c	2.40±0.06 ^{bc}	0.03±0.00 ^a
12	18.40±0.29 ^b	2.40±0.09 ^{cd}	0.02±0.01 ^a
18	18.00±0.32 ^{ab}	2.50±0.03 ^{de}	0.06±0.01 ^c
24	17.80±0.15 ^a	2.70±0.10 ^f	0.04±0.01 ^{abc}
30	24.20±0.10 ^{ef}	2.30±0.02 ^{bc}	0.04±0.01 ^{ab}
36	24.50±0.55 ^g	2.30±0.09 ^b	0.04±0.01 ^{abc}
42	23.80±0.06 ^{de}	2.20±0.08 ^b	0.04±0.01 ^{abc}
48	23.50±0.35 ^d	2.60±0.04 ^e	0.05±0.02 ^{bc}

หมายเหตุ : a-h หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละคอลัมน์

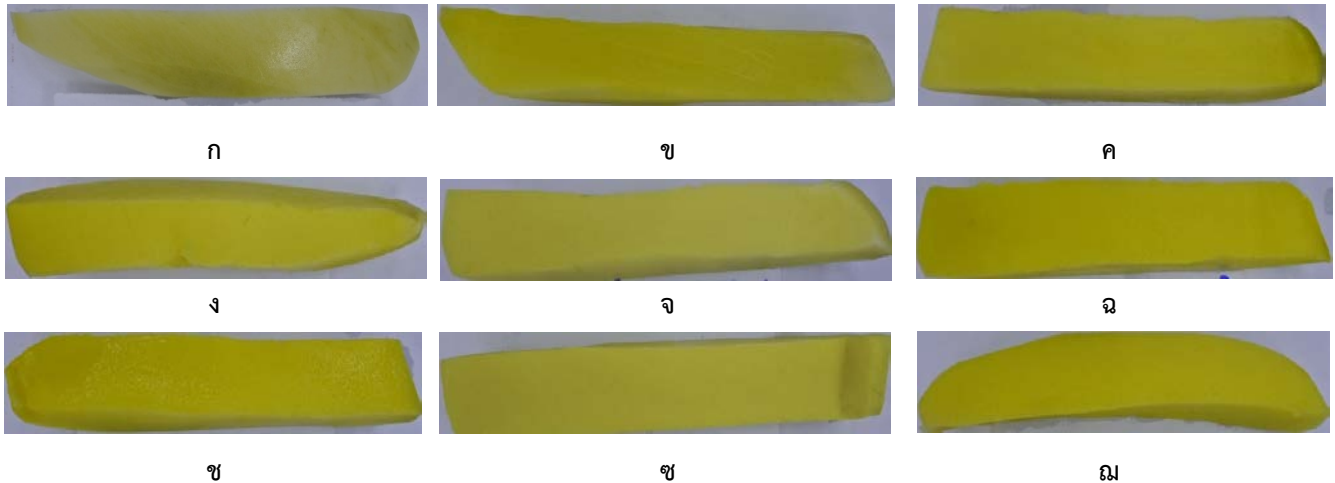
ตารางที่ 3 คุณภาพด้านสีของเนื้อมะม่วงดองในระหว่างการหมักที่เวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาแอสิม (ชั่วโมง)	L*	a*	b*	ΔE
0	71.25±1.88 ^c	-1.17±0.23 ^{ab}	24.33±3.33 ^a	0
6	66.95±1.90 ^{ab}	-1.57±0.34 ^{ab}	28.54±0.90 ^{ab}	5.77
12	68.85±3.49 ^{bc}	-1.31±0.73 ^{ab}	26.78±1.73 ^{ab}	3.02
18	68.85±1.44 ^{bc}	-0.57±0.88 ^{bc}	28.65±3.82 ^{ab}	4.75
24	68.18±3.94 ^b	-1.90±0.70 ^a	27.81±3.55 ^{ab}	4.27
30	67.83±1.14 ^b	-1.45±0.26 ^{ab}	29.25±1.94 ^{bc}	5.76
36	69.54±2.65 ^{bc}	-0.07±1.97 ^c	33.22±6.69 ^c	8.97
42	69.38±0.87 ^{bc}	-1.04±0.39 ^{abc}	30.63±1.89 ^{bc}	6.39
48	64.97±1.24 ^a	-2.15±0.54 ^a	28.09±2.84 ^{ab}	7.08

หมายเหตุ : a-c หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละคอลัมน์



ภาพที่ 1 การแช่ขึ้นมะม่วงดองในสารละลายแอสิมที่ระยะเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของเนื้อมะม่วงดองที่แช่ในสารละลายแอมโมเนียภายหลังเปลี่ยนสารละลายแอมโมเนียที่ระยะเวลาต่างๆ : 0 (ก), 6 (ข), 12 (ค), 18 (ง), 24 (จ), 30 (ฉ), 36 (ช), 42 (ซ) และ 48 (ณ) ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์

จากตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อมะม่วงดองในระหว่างการแช่ในระยะเวลาต่างๆ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ในเนื้อมะม่วงดองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการแช่ที่ 6 ชั่วโมงแรก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นกว่า 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการแช่ ช่วงหลัง 6 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS มีแนวโน้มลดลง และหลังจากการแช่ผ่านไป 30 ชั่วโมง ค่า TSS ในชิ้นมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ของสารละลายแอมโมเนียมีปริมาณที่ลดลง (ตารางที่ 2) เนื่องจากเกิดการกระบวนการออสโมซิสกันระหว่างน้ำในเซลล์ของเนื้อมะม่วง และสารละลายแอมโมเนีย (Alakali et al., 2006) [6] การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 6 ชั่วโมงแรก มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อผ่านไปหลังจาก 6 ชั่วโมง ความเป็นกรด-เบสเริ่มเข้าสู่สมดุล ซึ่งค่าความเป็นกรด-เบสในช่วง 6-12 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็นผลให้เนื้อมะม่วงดอง สารละลายแอมโมเนียมีความเป็นกรด-เบสใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงดอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างการแช่ สำหรับตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะม่วงดองในระหว่างการแช่พบว่าค่า L^* มีค่าลดลงในระหว่างการแช่มีผลทำให้ตัวอย่างมีสีคล้ำมากขึ้น ในด้านของค่า a^* มีค่าลดลงในระหว่างการแช่ และในด้าน b^* มีค่าเพิ่มขึ้นมีผลให้เนื้อมะม่วงดองมีสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสีของเนื้อมะม่วงดอง ในภาพที่ 2A และ 2B การเปลี่ยนแปลงของสีอย่างเห็นได้ชัดของเนื้อมะม่วงดองยังสามารถสังเกตได้จากค่า ΔE (ตารางที่ 3) โดยเทียบระยะเวลาใด ๆ กับระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมง พบว่า ในเวลาผ่านไป 36 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงของค่าสีจะเริ่มคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ TSS เนื่องจากกระบวนการแพร่เริ่มเข้าสู่สมดุล

สรุปผล

จากการทำการแช่เนื้อมะม่วงดองแบบ 2 ขั้นตอน ในระยะเวลารวม 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณ TSS มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในช่วง 0-6 ชั่วโมง และภายในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง จะเริ่มเข้าสู่สมดุล ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง ที่จะเริ่มเข้าสู่สมดุลในช่วง 6 ชั่วโมงภายหลังจากการแช่ในสารละลายแอมโมเนีย การแช่แบบ 2 ขั้นตอนจะช่วยเพิ่มปริมาณ TSS ในชิ้นมะม่วงดองโดยที่เวลาการแช่ 30 ชั่วโมงจะมีปริมาณ TSS ที่สมดุล



เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Office of agricultural economics, Ministry of agriculture and cooperatives. (2025). Factories and foreign trade information services of Thailand. Retrieved april 11, 2026. From <https://impexpth.oae.go.th/export>
- [2] Lebaka, V. R., Wee, Y.-J., Ye, W., & Korivi, M. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 741. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/2/741>
- [3] Supasin, S., Kantala, C., Intra, P., Vongpradubchai, S., & Rattanadecho, P. (2024). Investigating the effect of pulsed electric field parameters on the quality of processed mango pickling. *Engineered science*, 29, 1090. <https://doi.org/10.30919/es1090>
- [4] Islam, M. K., Khan, M. Z. H., Sarkar, M. A. R., Absar, N., & Sarkar, S. K. (2013). Changes in acidity, TSS, and sugar content at different storage periods of the postharvest mango (*Mangifera indica* L.) Influenced by Bavistin DF. *International journal of food science*, 2013(1), 939385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2013/939385>
- [5] Kouassi, A. K., Alabi, T., Cissé, M., Purcaro, G., Moret, S., Moret, E., Blecker, C., & Danthine, S. (2024). Assessment of composition, color, and oxidative stability of mango (*Mangifera indica* L.) kernel fats from various Ivorian varieties. *Journal of the american oil chemists' society*, 101(3), 283-295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aocs.12758>
- [6] Alakali, J. S., Ariaahu, C. C., & Nkpa, N. N. (2006). Kinetics of osmotic dehydration of mango. *Journal of food processing and preservation*, 30(5), 597-607. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00080.x>