

ผลของการใช้น้ำตาลทรายและเกลือต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างวิธีออสโมซิสแตงไทย
Effect of Sucrose and NaCl on Mass Transfer during Osmotic Treatment of Muskmelon
(*Cucumis melo* L.)

วรัญญา คำชู¹ และ วิษณุณี ยืนยงพุททกาล¹
Khamchu, W.¹ and Yuenyongputtakal, W.¹

Abstract

Muskmelon samples were osmotically treated by immersion in ternary system consisting of sucrose and NaCl solution. A second order central composite design with two variables involving the combinations of sucrose concentration from 30 to 50 g / 100g and NaCl concentration from 0 to 10 g / 100g was used. The mass transfer parameters were experimentally determined by measuring Water Loss (WL) Solid Gain (SG) and Weight Reduction (WR). After 9 h the WL, SG and WR were in range of 37-56%, 6-9% and 30-48%, respectively. The mathematical models for the mass transfer parameters were fitted as a function of osmotic solution concentration by using the regressions analysis. The R^2 (Coefficient of determination) > 0.75, model significance value < 0.05 and RMS (Root Mean Square) < 20 % were used as the criteria to satisfied the model. It was found that the satisfied models were the osmosis time of 6, 7.5 and 9 h for WR and the osmosis time of 4.5, 6, 7.5 and 9 h for WL.

Keywords : muskmelon, osmotic treatment, mass transfer

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีออสโมซิสแตงไทยโดยการแช่แตงไทยในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำตาลทรายและเกลือ จัดแผนการทดลองแบบ Central Composite Design ศึกษาตัวแปร 2 ตัว คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลทราย 30-50 กรัม/100 กรัม และความเข้มข้นของเกลือ 0-1 กรัม/100 กรัม คำนวณหาอัตราการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสได้แก่ ค่าการสูญเสีย น้ำ (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และน้ำหนักที่ลดลง (WR) พบว่าเมื่อใช้เวลาในการออสโมซิส 9.0 ชั่วโมง ค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 37-56, 6-9 และ 30-48 ตามลำดับ สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของน้ำตาลทรายและเกลือโดยใช้วิธีรีเกรซชัน พบว่าสมการความสัมพันธ์ของค่า WR ที่เวลาในการออสโมซิส 6.0 7.5 และ 9.0 ชั่วโมง และสมการความสัมพันธ์ของค่า WL ที่เวลาในการออสโมซิส 4.5 6.0 7.5 และ 9.0 ชั่วโมง มีความน่าเชื่อถือสำหรับการทำนาย โดยมีค่า R^2 (สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ) มากกว่า 0.75 ค่า Model Significance ต่ำกว่า 0.05 และค่า RMS (ความคลาดเคลื่อนของการทำนาย) ต่ำกว่าร้อยละ 20

คำสำคัญ : แตงไทย วิธีออสโมซิส การถ่ายเทมวลสาร

คำนำ

วิธีออสโมซิสอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายน้ำบางส่วนออกจากอาหารโดยการแช่ขึ้นอาหารในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าหรือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity: a_w) ต่ำกว่าอาหารนั้น ความแตกต่างระหว่างความดันออสโมติกของสารละลายกับอาหารทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างสารละลายออสโมติกและอาหาร โดยจะเกิดการแพร่ของน้ำจากขึ้นอาหารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังสารละลาย และในขณะเดียวกันจะเกิดการแพร่ของของแข็งจากสารละลายผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังขึ้นอาหาร นอกจากนี้อาจเกิดการแพร่ของสารธรรมชาติ เช่น กรดอินทรีย์ วิตามิน ออกจากเซลล์ในปริมาณเล็กน้อยด้วย (Lerici และคณะ, 1985) มีการนำน้ำตาลทรายและเกลือมาใช้เตรียมเป็นสารละลายออสโมติกอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น มีความสามารถในการละลายสูง ราคาถูก มีประสิทธิภาพที่ดีในการดึงน้ำออกจากขึ้นอาหารและช่วยปรับปรุงรสชาติของอาหารหลังการออสโมซิส (Sachetti และคณะ, 2001) เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของการถ่ายเทมวลสารในการออสโมซิสซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทดลองทำกับแตงไทยและเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนา

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี, 20131

¹ Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi, 20131

ผลิตภัณฑ์แต่งไทย จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่าการสูญเสีย น้ำ ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักที่ลดลง ในระหว่างการอบออสโมซิสแต่งไทยในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลทรายและเกลือ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแต่งไทยระดับความสุกปานกลาง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 5 ± 1 องศาบริกซ์ หั่นเป็นชิ้นขนาด $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำชิ้นแต่งไทยมาชั่งน้ำหนัก และหาความชื้นเริ่มต้น จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำตาลทราย (30-50 กรัม/100 กรัม) และเกลือ (0-1 กรัม/100 กรัม) โดยจัดแผนการทดลองแบบ Central Composite Design ได้ 9 สิ่งทดลอง ดำเนินการทดลอง 3 ซ้ำ แช่ชิ้นแต่งไทยในสารละลายออสโมติกในอัตราส่วนระหว่างแต่งไทยและสารละลายออสโมติกเป็น 1:10 (โดยน้ำหนัก) เป็นเวลา 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 และ 9.0 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำชิ้นแต่งไทยออกจากสารละลายแล้วล้างชิ้นแต่งไทยโดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นแต่งไทยเป็นเวลา 30 วินาที วางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วชั่งน้ำหนักด้วยกระดาษชั่งน้ำหนักและหาความชื้นหลังการอบออสโมติก คำนวณอัตราการถ่ายเทมวลสารดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) (ร้อยละ)} = \frac{(W_i M_i - W_f M_f)}{W_i} \times 100$$

$$\text{ของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) (ร้อยละ)} = \frac{[(W_f(100 - M_f)/100) - (W_i(100 - M_i)/100)]}{W_i} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักที่ลดลง (Weight Reduction; WR) (ร้อยละ)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม) W_f คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัม) M_i คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น) และ M_f คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น) สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทมวลสาร (Y) กับความเข้มข้นของน้ำตาลทราย (x_1) และเกลือ (x_2) ด้วยวิธีเรกเรชัน (Regression) โดยโปรแกรม SPSS Version 13 และสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนอง (surface plot) โดยใช้โปรแกรม Statistica 5.0 ตามความสัมพันธ์สมการแบบพหุนามกำลังสอง (2^{nd} order polynomial model) ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2$$

ผลและวิจารณ์ผล

จาก Table 1 พบว่าค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และน้ำหนักที่ลดลง (WR) ของชิ้นแต่งไทยเมื่อแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลทรายและเกลือความเข้มข้นต่างๆ นาน 9 ชั่วโมง มีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 37-56 6-9 และ 30-48 ตามลำดับ เมื่อนำค่า WL SG และ WR มาสร้างสมการความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำตาลทรายและเกลือโดยวิธีเรกเรชัน พบว่ามีสมการที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับการทำนายที่เวลาต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2 และกราฟพื้นผิวตอบสนองความสัมพันธ์ความเข้มข้นของน้ำตาลทรายและเกลือต่อค่า WL และ WR ที่เวลาในการอบออสโมซิส 9 ชั่วโมง แสดงดัง Figure 1

พฤติกรรมการถ่ายเทมวลสารระหว่างการอบออสโมซิสแต่งไทยสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น กล่าวคือ WL SG และ WR จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบออสโมซิส เนื่องจากเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสภายในชิ้นแต่งไทย และสารละลายภายนอกมาก เมื่อเวลาในการอบออสโมซิสนานขึ้นจะเกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกมาออกชิ้นแต่งไทยมากขึ้นสารละลายจึงมีความเข้มข้นลดลง การถ่ายเทมวลสารจึงลดลง (Lerici และคณะ, 1985) จาก Table 1 SG มีค่าน้อยกว่า WL มาก และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงถึงของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่ลดลง น้ำหนักที่ลดลงหลังการอบออสโมซิสจึงเป็นผลจากการลดลงของน้ำในชิ้นแต่งไทย สิ่งทดลองที่มีการใช้น้ำตาลทรายและเกลือความเข้มข้นสูงจะมีค่า WL มาก เนื่องจากมีแรงดันออสโมติกมากและสารละลายมีค่า a_w ต่ำ การถ่ายเทมวลน้ำจึงมีประสิทธิภาพมาก (Sachetti และคณะ, 2001)

Table 1 Variation in sucrose and NaCl concentrations to water loss (WL), solid gain (SG) and weight reduction (WR) at 9 h of immersion time.

Treatment	Sucrose Conc. (g/100g)	NaCl Conc. (g/100g)	WL (%)	SG ^{ns} (%)	WR (%)
1	32.91	0.15	37.55 ^e ±1.23	6.04±1.70	31.51 ^e ±1.55
2	32.91	0.85	44.55 ^{cd} ±1.90	8.61±1.73	35.94 ^d ±1.03
3	47.09	0.15	46.97 ^{bc} ±0.78	7.47±0.42	39.50 ^b ±0.99
4	47.09	0.85	56.41 ^a ±0.80	9.83±0.66	46.58 ^a ±0.33
5	30.00	0.50	43.65 ^d ±0.79	7.28±0.75	36.37 ^{cd} ±0.72
6	50.00	0.50	56.31 ^a ±1.26	8.40±0.58	47.91 ^a ±1.84
7	40.00	0.00	39.26 ^e ±1.79	8.98±1.29	30.28 ^e ±1.22
8	40.00	1.00	49.30 ^b ±1.27	8.46±1.39	40.84 ^b ±1.48
9	40.00	0.50	48.97 ^b ±0.51	8.15±0.83	40.83 ^b ±1.12

a,b,c,d,e Difference letters in the same column indicated significant difference. ^{ns} Not significant.

Table 2 Satisfactory equations of WR and WL as function of sucrose (x₁) and NaCl (x₂) concentration.

Time (h)	Equation	R ²	RMS (%)	Model Sig.
4.5	WL = 7.22-0.54x ₁ +29.84x ₂ +9.94e-5x ₁ ² -15.16x ₂ ² +0.18x ₁ x ₂	0.91	1.29	0.012
6	WL = 52.28 -1.29x ₁ +0.82x ₂ +0.02x ₁ ² -18.66x ₂ ² +0.70x ₁ x ₂	0.91	4.69	0.011
7.5	WL = 36.97-0.27x ₁ +10.28x ₂ +0.01x ₁ ² -12.92x ₂ ² +0.87x ₁ x ₂	0.97	2.45	0.001
9	WL = 40.44-0.67x ₁ +17.64x ₂ +0.02x ₁ ² -16.56x ₂ ² +0.25x ₁ x ₂	0.99	2.24	0.000
6	WR = 40.12-0.91x ₁ +2.48x ₂ +0.01x ₁ ² -22.47x ₂ ² +0.84x ₁ x ₂	0.84	6.93	0.044
7.5	WR = 39.51-0.65x ₁ +17.01x ₂ +0.01x ₁ ² -11.26x ₂ ² +0.97x ₁ x ₂	0.96	2.65	0.002
9	WR = 42.89-1.10x ₁ +17.10x ₂ +0.02x ₁ ² -18.38x ₂ ² +0.27x ₁ x ₂	0.98	1.73	0.000

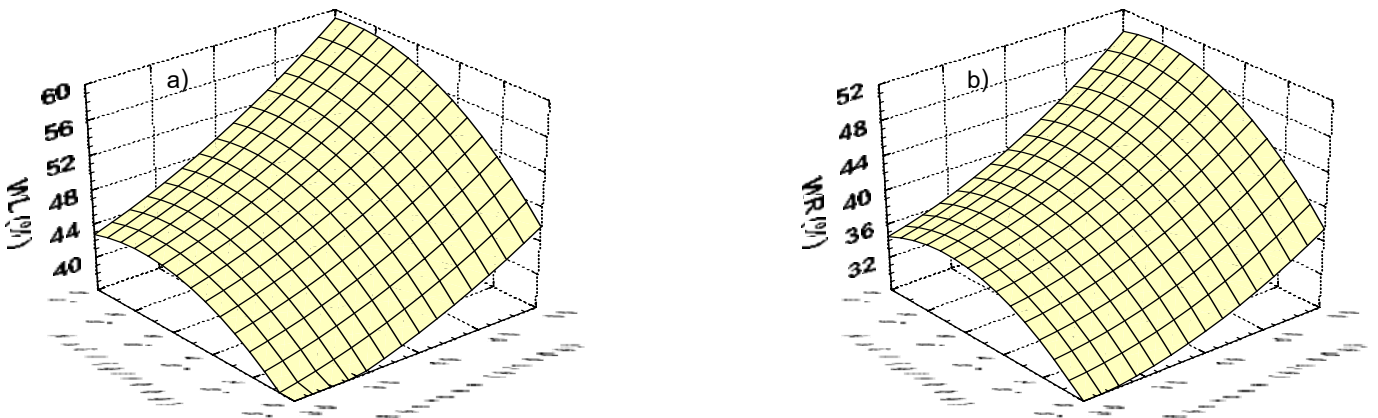


Figure 1 Surface plots for a) WL and b) WR as function of sucrose and NaCl concentration at 9 h of immersion time.

จาก Table 2 ความน่าเชื่อถือของสมการจากพิจารณาจาก ค่า R² บ่งบอกถึงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจควรมีค่าอย่างน้อย 0.75 ค่า Model Significance บ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างค่า Y และ x ควรมีค่าต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่า

Root Mean Square (RMS) บ่งบอกความคลาดเคลื่อนของการทำนายจากการใช้สมการควรมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 (Aleksandar และคณะ, 2007) พบว่าสมการมีแนวโน้มคล้ายกัน ค่า WL และ WR มีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบเส้นตรงกับ ความเข้มข้นของเกลือ มีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบกำลังสองกับความเข้มข้นของน้ำตาลทราย และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ปฏิกริยาสัมพันธ์(interaction) ระหว่างความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลทราย จาก figure 1 พบว่าการใช้น้ำตาลทรายและ เกลือความเข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้ค่า WL และ WR เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการถ่ายเทมวลสารมีผลจากความเข้มข้นของเกลือ มากกว่าน้ำตาลทราย การใช้เกลือในปริมาณเพียงเล็กน้อยจะช่วยเพิ่มค่า WL และ WR มากกว่าการใช้น้ำตาลทรายในปริมาณ ที่เท่ากัน เนื่องจากเกลือมีค่า a_w ต่ำ สามารถเพิ่ม driving force ในการออสโมซิสได้มากกว่านอกจากนี้เกลือมีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่าน้ำตาลทรายทำให้แทรกผ่านเข้าไปในเนื้อผลไม้ได้ง่ายและลึกกว่าเป็นผลให้เกิดการถ่ายเทมวลน้ำในเซลล์ได้มากขึ้น (Lenart และ Flink, 1984)

สรุปผล

เมื่อใช้เวลาในการออสโมซิสแดงไทย 9 ชั่วโมง ค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 37-56, 6-9 และ 30-48 ตามลำดับ สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของน้ำตาลทรายและเกลือที่มีความน่าเชื่อถือ สำหรับการทำนายคือ สมการของค่า WR ที่เวลาในการออสโมซิส 6.0 7.5 และ 9.0 ชั่วโมง และสมการของค่า WL ที่เวลาใน การออสโมซิส 4.5 6.0 7.5 และ 9.0 ชั่วโมง โดยสามารถนำมาใช้สร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองได้

เอกสารอ้างอิง

- Aleksandar, J., Juliana, G., Ljubinko, L. and Zoltan, Z., 2007, Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride, *Journal of Food Engineering*, 76: 47-51.
- Lenart, A. and Flink, J. M., 1984, Osmotic concentration of potato I: Criteria for the end-point of the osmosis process, *Journal of Food Technology*, 19: 45-63.
- Lerici, C. R., Pinnavaia, G., Dalla, R. M. and Bartolucci, L., 1985, Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality, *Journal of Food Science*, 50: 1217-1219.
- Sacchetti, G., Gianotti, A. and Dalla R. M., 2001, Sucrose-salt combined effect on mass transfer kinetics and product acceptability, Study on apple osmotic treatments, *Journal of Food Engineering*, 49: 163-173.