Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 301-304 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 301-304 (2550)

# การทำแห้งชิ้นมะม่วงแก้วทรงลูกบาศก์ด้วยออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับการอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด
# Combined osmotic dehydration and spouted bed drying of diced mango

ปวีณา อินทจักร์[1] นิธิยา รัตนาปนนท์[2] และพิชญา บุญประสม[3]
Paveena Intajak[1] Nithiya Rattanapanone[2] and Pichaya Boonprasom[3]

## Abstract

Mass transfer during osmotic dehydration of mango flesh cv. Kaew was studied. Mango fruit were ripened for 1.5 days to reach 12.25 total soluble solids to titratable acidity ratio. Mango flesh were cut into cube (0.5x0.5x0.5 cm), then osmotically dehydrated in the mixed solution of sucrose, glycerol, sodium chloride, calcium chloride, potassium sorbate and potassium metabisulfite in the amount of 55, 45, 2, 0.15, 0.25 and 0.25 gm per 100 gm of water for 3 or 4 hours at 40°C or 50°C. It was found that the values of water diffusivity varied between $2.3653x10^{-10}$ to $3.3609x10^{-10}$ square meter per second. The results showed that the osmotic solution at 40°C significantly increased the diffusivity of water, solids gain percentage and water loss percentage compare to the osmotic solution at 50°C ($p \leq 0.05$). The fruit samples from previous experiment were dried using spouted bed at 60°C or 70°C with air velocity of 3.65 meters per second. The drying time at 60°C and 70°C were 80 and 65 minutes, respectively. The drying temperatures did not affected the sensory ratings of samples ($p>0.05$). However, osmotic solution at 40°C resulted in significantly better overall flavor rating ($p \leq 0.05$). The quality of dried samples packed in aluminium foil bag flush with nitrogen gas stored at 25°C was the best. The shelf life of the product can be prolonged to 24 weeks.

**Keywords:** osmotic dehydration, spouted bed, diffusivity

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการถ่ายเทมวลสารในเนื้อมะม่วงแก้วด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน โดยนำผลมะม่วงมาบ่มให้สุกเป็นเวลา 1.5 วัน เพื่อให้เนื้อมะม่วงมีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 12.25 หั่นเนื้อมะม่วงเป็นทรงลูกบาศก์ขนาด 0.5x0.5x0.5 เซนติเมตร และแช่ในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซอร์เบต และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เท่ากับ 55, 45, 2, 0.15, 0.25 และ 0.25 กรัม ตามลำดับ ในน้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิของสารละลาย 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำออกจากเนื้อมะม่วงแก้วมีค่าอยู่ในช่วง $2.3653x10^{-10}$ ถึง $3.3608x10^{-10}$ ตารางเมตรต่อวินาที การแช่เนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำเนื้อมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสมาอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลมเท่ากับ 3.65 เมตรต่อวินาที พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 80 และ 65 นาที ตามลำดับ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าการอบแห้งเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิต่างกันได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนด้านรสชาติโดยรวมมากกว่าการแช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งในถุงอลูมิเนียมเปลวบรรจุแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและมีอายุการเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 24 สัปดาห์

**คำสำคัญ**: ออสโมติกดีไฮเดรชัน สเปาเต็ดเบด สัมประสิทธิ์การแพร่

[1] สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200
[1] Postharvest Technology Institute. Graduate School. Chiangmai University, Chiangmai 50200
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200
[2] Department of Food Science and Technology. Faculty of Agro-Industry. Chiangmai University, Chiangmai 50200
[3] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200
[3] Department of Food Engineering. Faculty of Agro-Industry. Chiangmai University, Chiangmai 50200

## คำนำ

ออสโมติกดีไฮเดรชันเป็นวิธีการกำจัดน้ำออกจากเซลล์ โดยการถ่ายเทมวลสารระหว่างเซลล์วัตถุดิบกับสารละลายที่ใช้แช่วัตถุดิบซึ่งมีความเข้มข้นสูง อีกทั้งกระบวนการนี้ยังช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและช่วยคงเม็ดสีระหว่างการทำแห้งและการเก็บรักษาได้ด้วย (Raoult-Wack, 1994) สำหรับการอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดใช้ได้ดีกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ โดยลมร้อนจะผ่านขึ้นมาสัมผัสกับวัตถุได้โดยตรงในทุกทิศทาง ทำให้คุณภาพของอาหารแห้งมีความสม่ำเสมอ (Hovmand, 1995) ดังนั้นการนำชิ้นมะม่วงที่เหลือจากการแปรรูปต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการทำเป็นชิ้นเนื้อมะม่วงอบแห้งขนาดเล็กใช้บริโภคเป็นของขบเคี้ยว (snack) จะสามารถเพิ่มมูลค่าทางการค้าของมะม่วงได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

1.ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในชิ้นเนื้อมะม่วง

บ่มผลมะม่วงแก้วด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นเวลา 1.5 วัน จนเนื้อมะม่วงแก้วที่มีอัตราส่วนของ TSS:TA อยู่ในช่วง 12-13 หั่นเนื้อมะม่วงเป็นทรงลูกบาศก์ขนาด 0.5x0.5x0.5 เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล กลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซอร์เบต และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เท่ากับ 55, 45, 2, 0.15, 0.25 และ 0.25 กรัม ตามลำดับ ในน้ำ 100 กรัม ในอัตราส่วนสารละลายต่อชิ้นเนื้อมะม่วงเท่ากับ 1:1 เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิของสารละลาย 40 และ 50 องศาเซลเซียส สุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงขึ้นมาหาปริมาณความชื้นเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำโดยใช้กฎข้อที่ 2 ของฟิกค์ และชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อมะม่วงหลังผ่านการออสโมซิสเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ

2. การอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดและการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้ง

นำชิ้นเนื้อมะม่วงภายหลังการทำออสโมซิสในแต่ละกรรมวิธีข้างต้นมาผึ่งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการอบแห้งแบบเปาเต็ดเบดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลมเท่ากับ 3.65 เมตรต่อวินาที จนเนื้อมะม่วงมีระดับความชื้นประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และค่า $a_w$ ต่ำกว่า 0.50 จากนั้นศึกษาสภาพบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมเปลวสภาพปกติและถุงอลูมิเนียมเปลวบรรจุแก๊สไนโตรเจน และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ได้แก่ 25±2 และ 33±2 องศาเซลเซียส เพื่อหาวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้ง

## ผลและวิจารณ์

1. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติก

จากการแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำออกจากเนื้อมะม่วงแก้วมีค่าอยู่ในช่วง $2.3653 \times 10^{-10}$ ถึง $3.3608 \times 10^{-10}$ ตารางเมตรต่อวินาที โดยชิ้นเนื้อมะม่วงที่แช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำมากที่สุด เท่ากับ $3.3608 \times 10^{-10}$ ตารางเมตรต่อวินาที และมีการสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเช่นกัน คือ มีค่าเท่ากับ 28.67 และ 19.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของสารละลายเท่านั้นที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นคือ ชิ้นเนื้อมะม่วงที่แช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่ออุณหภูมิสารละลายเพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาในการแช่นานขึ้น ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่าลดลง อาจเนื่องจากระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันจะมีการสะสมของของแข็งบริเวณผิวนอกของอาหาร ทำให้เกิดชั้นน้ำตาลและมีความเหนียวที่บริเวณชั้นนี้เพิ่มขึ้น ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะไปขัดขวางการแพร่ของน้ำที่บริเวณผิวชั้นนอกออกมายังสารละลายออสโมติก (Tedjo *et al*., 2002) ถึงแม้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยลดปริมาณน้ำได้มากขึ้นก็ตาม เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เซลล์เมมเบรนสูญเสียคุณสมบัติที่เป็นเยื่อเลือกสารผ่าน และทำให้ความหนืดของสารละลายลดลง ส่งผลให้มีอัตราการแพร่ของน้ำในอาหารออกมายังสารละลายภายนอกมากขึ้น น้ำจึงผ่านออกมาได้ง่าย แต่การแช่เนื้ออะพริคอตในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในช่วงนี้ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำของเนื้ออะพริคอต เพราะสารละลายยังมีความหนืดสูงอยู่ แต่หากเพิ่มอุณหภูมิสารละลายให้สูงกว่า 50 องศาเซลเซียส สารละลายน้ำตาลซูโครสจะมีความหนืดลดลง (Khoyi and Hesari, 2007)

Table 1 Diffusivity of water, water loss percentage and solid gain percentage of mango flesh at the difference temperatures and soaking times.

| Temperature (°C) | Time (hrs) | diffusivity of water ($m^2/s$) | Water loss (%) | Solid gain (%) |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 3 | $3.3608 \times 10^{-10}$ | 28.67 | 19.14 |
| 40 | 4 | $3.2359 \times 10^{-10}$ | 26.87 | 17.91 |
| 50 | 3 | $2.7039 \times 10^{-10}$ | 24.36 | 15.46 |
| 50 | 4 | $2.3653 \times 10^{-10}$ | 25.78 | 15.39 |

2. ผลของการอบแห้งเนื้อมะม่วงแบบสเปาเต็ดเบดและการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้ง

เมื่อนำชิ้นมะม่วงที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมาอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลมเท่ากับ 3.65 เมตรต่อวินาที จนเนื้อมะม่วงมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 12-13 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 80 และ 65 นาที (รวมระยะเวลาการลดอุณหภูมิ 5 นาที) ตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง อากาศสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดมีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งเบดและทุกส่วนของวัตถุดิบสามารถสัมผัสกับลมร้อนได้โดยตรง จึงมีพื้นที่การระเหยน้ำมาก (Jowitt, 1997) ทำให้การอบแห้งชิ้นมะม่วง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสั้นกว่า (Figure 1)

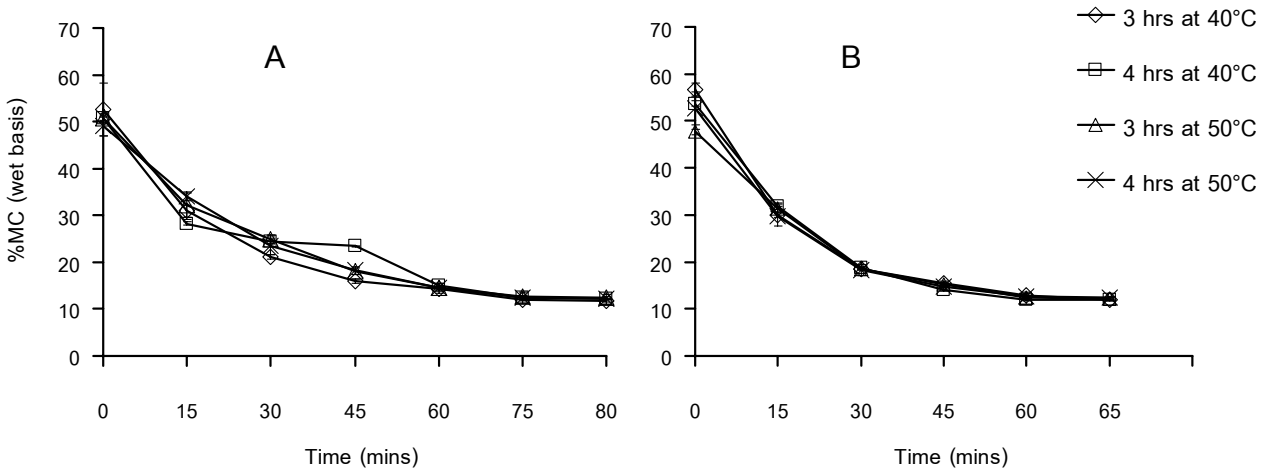


Figure 1 Moisture content (%wet basis) of mango flesh dried at 60°C (A) and 70°C (B)

เมื่อนำเนื้อมะม่วงอบแห้งมาประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยการให้คะแนนแบบ 9-points hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏภายนอกโดยรวมและรสชาติโดยรวม พบว่าอุณหภูมิในการแช่ ระยะเวลาในการแช่ อุณหภูมิในการอบแห้ง และความสัมพันธ์ร่วมต่างๆ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคะแนนลักษณะปรากฏภายนอกโดยรวม ($p>0.05$) แต่การแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ผลการประเมินด้านรสชาติโดยรวมมากกว่าการแช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

เนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่ามีคุณภาพทางกายภาพและเคมี ($L^*$, $h^\circ$ และ TSS) สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่วนการแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นการประหยัดเวลาและพลังงานในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ จึงคัดเลือกเนื้อมะม่วงที่ผ่านกรรมวิธีนี้เพื่อใช้ในการศึกษาวิธีการและอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งต่อไป

Table 2 Physical and chemical quality and sensory evaluation of dried mango flesh at difference drying temperatures.

| Drying temperature (°C) | Physical and chemical quality and sensory evaluation | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | h° | C* | TSS | TA | Overall appearance | Overall flavor |
| 60 | 39.45 | 77.99 | 58.13 | 55.25 | 0.21 | 5.48 | 5.80 |
| 70 | 41.10 | 78.66 | 56.02 | 54.92 | 0.23 | 5.35 | 5.62 |

จากการทดลองนำเนื้อมะม่วงอบแห้งบรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวสภาพปกติและถุงอลูมิเนียมเปลวบรรจุแก๊สไนโตรเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 และ 33±2 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ มีปริมาณความชื้น, ค่า $a_w$, L*, h°, C* และ TA เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วน TSS และค่าแรงกดมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากไอน้ำสามารถซึมผ่านแผ่นอลูมิเนียมที่รีดเป็นแผ่นบางได้ นอกจากนี้อลูมิเนียมยังมีคุณสมบัติในการป้องกันแสง จึงสามารถช่วยรักษาสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (Robertson, 1993) โดยที่เนื้อมะม่วงอบแห้งยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้งกำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) ทั้งนี้สภาพบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา และความสัมพันธ์ร่วม ไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อมะม่วงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลการประเมินทางประสาทสัมผัสมาพิจารณาจะเห็นได้ว่าคะแนนการยอมรับของเนื้อมะม่วงอบแห้งมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งในถุงอลูมิเนียมเปลวบรรจุแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนด้านกลิ่นและรสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในกรรมวิธีอื่นๆ

## สรุป

การแช่เนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ และคะแนนผลการประเมินด้านรสชาติโดยรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิในการทำแห้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งในถุงอลูมิเนียมเปลวบรรจุแก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและมีอายุการเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 24 สัปดาห์

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และบัณฑิตศึกษาสถาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ และภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อการใช้เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

## เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง: มอก. 919-2532. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

Hovmand, S. 1995. Fluidized Bed Drying. *In* A. S. Mujumdar (ed.), Handbook of Industrial Drying 2nd ed. revised and expanded, Volume 1 (pp. 195-248). Marcel Dekker, Inc., New York.

Jowitt, R. 1977. Heat transfer in some food processing application of fluidization. IFST Proceeding, 10(3): 117-121.

Khoyi, M. R. and Hesari, J. 2007. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. Journal of Food Engineering, 78: 1355-1360.

Raoult-Wack, A. L. 1994. Advance in Osmotic Dehydration. Trend in Food Science and Technology, 5: 255-260.

Robertson, G. L. 1993. Food Packaging Principles and Practice. Marcel Dekker, Inc., New York. p. 676.

Tedjo, W., K. A. Taiwo, M. N. Eshtiaghi and D. Knorr. 2002. Comparison of pretreatment methods on water and solid diffusion kinetics of osmotically dehydrated mango. Journal of Food Engineering, 53: 133-142.