

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของน้ำมะม่วงก่อนการอบแห้ง

4.1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วง

จากการเตรียมน้ำมะม่วงจาก เนื้อมะม่วงสุกโดยการบดด้วยเครื่องบด กรองด้วยผ้าขาวบาง และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วง ได้ผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงก่อนผสมน้ำ

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)	17.4 \pm 0.0
ความหนืด (cP)	1,819 \pm 2.5
ปริมาณความชื้น (% ฐานเปียก)	80.79 \pm 0.2
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	19.21 \pm 0.2
ค่าสี L*	14.43 \pm 0.3
a*	21.08 \pm 0.1
b*	24.64 \pm 0.5

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตาราง หมายถึง ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงจากเนื้อมะม่วง ก่อนผสมน้ำอัตราส่วน 1:1.5 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 17.4 $^{\circ}$ Brix เนื่องจากมะม่วงจะสะสมอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังจากการเก็บเกี่ยวแป่งจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Kapse and Katrodia, 1996) น้ำตาลที่พบมากในผลมะม่วง คือ กลูโคส ฟรักโทส และซูโครส (Lizada, 1993) น้ำมะม่วงมีความหนืดเท่ากับ 1,819 cP ปริมาณความชื้นเท่ากับ 80.79% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ USDA Agricultural Research Service (2008) ซึ่งพบว่า ปริมาณน้ำ 81.71% ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 19.21% ด้านสีพบว่าค่า L* เท่ากับ 14.43 ค่า a* เท่ากับ 21.08 ค่า b* เท่ากับ 24.64 ตามลำดับ

4.1.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงผสมน้ำก่อนการอบแห้ง

จากการเตรียมน้ำมะม่วง ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1.5 ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 6.2°Brix นำมาปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดให้ได้ 15.0, 17.5, 20.0, 22.5 และ 25.0% ด้วยมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE 11 และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงก่อนการอบแห้งได้ผล ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงก่อนการอบแห้ง

คุณภาพ	ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%)				
	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (g)	258.82	342.42	431.25	525.81	626.67
ค่าสี L*	52.96±0.2	53.53±0.4	53.88±0.1	55.51±0.1	57.10±0.1
a*	11.72±0.1	11.59±0.2	11.40±0.1	11.16±0.1	10.79±0.0
b*	67.07±0.4	66.78±0.5	66.70±0.2	66.65±0.1	66.37±0.0

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตาราง หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่า อยู่ในช่วง 15.0-25.0°Brix ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 75.18-85.05% ปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 14.95-24.82% จากการวิเคราะห์ พบว่า มีค่า L*, a*, และ b* อยู่ในช่วง 52.96-57.10, 10.79-11.72 และ 66.37-67.07 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า L*, a* และ b* มีค่าแตกต่างจากค่าในตารางที่ 4.1 คือ ค่า L* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* มีค่าลดลง เนื่องจากการเติมน้ำและมอลโทเดกซ์ทรินลงไป

4.2 การอบแห้งแบบพ่นฝอย

4.2.1 ประสิทธิภาพการอบแห้งและปริมาณผลผลิต (yield)

เมื่อนำน้ำมะม่วงจากเนื้อมะม่วงสุกผสมน้ำอัตราส่วน 1:1.5 และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดให้ได้ 15.0, 17.5, 20.0, 22.5 และ 25.0% ด้วยมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE 11 นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณผลผลิตของกระบวนการอบแห้ง โดยวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม ค่าประสิทธิภาพการระเหย และปริมาณผลผลิต ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณผลผลิตของกระบวนการอบแห้ง

ประสิทธิภาพการผลิต	ค่าที่วัดได้ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%))				
	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน					
-ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม (%)	67.69	67.69	67.69	67.69	67.69
- ประสิทธิภาพการระเหย (%)	72.16	72.16	72.16	72.16	72.16
ปริมาณผลผลิต (%)	74.49 ^b ±2.5	79.16 ^a ±0.4	70.77 ^c ±0.6	49.00 ^d ±1.4	47.98 ^d ±1.4

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากตารางที่ 4.3 พบว่ากระบวนการอบแห้งน้ำมะม่วงโดยวิธีพ่นฝอยของทุก การทดลอง มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมเท่ากับ 67.69% เนื่องจากมีค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการคำนวณเท่ากันในทุกการทดลอง ซึ่งผลการทดลองนี้ให้ค่าคงที่สูงกว่าค่าที่รายงานโดย Masters (1985) ที่พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิขาออก 85°C ขาเข้า 135°C ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมเท่ากับ 43.5% ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองใช้อุณหภูมิขาเข้า 135±2°C ขาออก 65±2°C ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิขาออกลดลง ส่วนค่าประสิทธิภาพการระเหย เท่ากับ 72.16% และปริมาณผลผลิตของสิ่งทดลองที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยมอลโทเดกซ์ทริน 17.5% มีค่าสูงสุดเท่ากับ 79.16% ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณผลิตภัณฑ์ลำไยผงของพิพัฒน์ และคณะ (2548) ที่ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุดคือ 40% จากการทดลองพบว่าปริมาณผลผลิตของน้ำมะม่วงลดลงเมื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยมอลโทเดกซ์ทรินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินสูง อาจทำให้ให้น้ำมะม่วงมีความหนืดสูง (พัชรี, 2553) เมื่อได้รับความร้อนจะมีลักษณะเหนียวหนืดคล้ายยาง ทำให้เกาะติดผนังของห้องอบ จึงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของน้ำมะม่วงลดลง ถ้าของเหลวมีความหนืดสูงจะทำให้ได้ละอองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในสถานะเดียวกัน และหากมีความหนืดสูงมาก จะทำให้ของเหลวที่ฉีดออกมา มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย ทำให้อาหารไม่แห้งตามต้องการ ดังนั้นจึงไม่ควรใส่ของเหลวที่มีความหนืดสูงเกินไป (เอกคณัย, 2551)

4.2.2 สมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงผง

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ค่าสีของน้ำมะม่วงผงที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการไหล ความหนาแน่นของผง ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่า a_w การยอมรับทางประสาทสัมผัส และอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน ได้ผล ดังตารางที่ 4.4-4.5 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมะม่วงผง

คุณภาพ	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%)				
	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
ค่าสี L*	79.71 ^c ±0.2	80.50 ^d ±0.4	82.72 ^c ±0.3	83.51 ^b ±0.1	84.74 ^a ±0.2
a*	5.64 ^a ±0.1	4.55 ^b ±0.2	3.49 ^c ±0.3	3.17 ^d ±0.1	2.76 ^c ±0.1
b*	28.57 ^a ±0.3	27.39 ^b ±0.1	25.44 ^c ±0.4	23.69 ^d ±0.1	21.33 ^c ±0.1
ความสามารถในการละลาย (%)	96.20 ^a ±0.0	95.43 ^b ±0.0	93.06 ^c ±0.0	92.66 ^d ±0.0	92.15 ^c ±0.0
ค่ามุมกอง (°)	31.33 ^a ±0.3	30.17 ^b ±0.3	28.83 ^c ±0.3	27.83 ^d ±0.3	25.83 ^c ±0.3
ความหนาแน่นของผง (kg/m ³)	767.20 ^a ±9.4	728 ^b ±7.6	760 ^a ±10.0	762 ^a ±15.3	756.67 ^a ±15.3
ปริมาณความชื้น (% ฐานเปียก)	2.89 ^a ±0.1	2.50 ^{bc} ±0.1	2.84 ^a ±0.1	2.40 ^c ±0.1	2.66 ^b ±0.1
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	97.11 ^d ±0.1	97.50 ^{ab} ±0.1	97.16 ^c ±0.1	97.60 ^a ±0.1	97.34 ^b ±0.1
ค่า a_w	0.311 ^b ±0.1	0.230 ^d ±0.1	0.302 ^c ±0.0	0.389 ^a ±0.0	0.234 ^d ±0.0

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีค่าอยู่ในช่วง 79.46-84.88 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากค่าความสว่าง (L*) ของน้ำมะม่วงก่อนการอบแห้ง เนื่องจากสีของมอลโทเดกซ์ทรินมีสีขาวเมื่อนำมาผสมกับน้ำมะม่วงผงจะทำให้สีของน้ำมะม่วงผงอ่อนลง และมีความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น ค่าสี a* มีค่าอยู่ในช่วง 2.76-5.64 ค่าสี b* มีค่าอยู่ในช่วง 21.33-28.57 จากการทดลองของ พัชร (2553) พบว่าน้ำมะม่วงผงที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยมอลโทเดกซ์ทริน 17.5% โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิเข้า 135±2°C ขาออก 65±2°C มีค่าสีก่อนชงละลายคือ ค่าความสว่าง (L*) มีค่าเท่ากับ 77.38 ค่าสี a* มีค่าเท่ากับ 6.90 และค่าสี b* มีค่าเท่ากับ 34.10 แสดงว่าน้ำมะม่วงผงจาก

การอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ได้จากการทดลองมีค่าความสว่างมากกว่า และค่าสีเหลืองน้อยกว่า เนื่องจากปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่ผสมเข้าไปในน้ำ มะม่วงผงมีปริมาณมากกว่า จากผลการทดลองพบว่าความสามารถในการละลายมีค่า อยู่ในช่วง 92.15-96.20% ค่ามุมองอยู่ในช่วง 25.8-31.3° แสดงว่าน้ำมะม่วงผงมีความสามารถในการไหลได้ดี ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Shittu and Lawal (2007) ที่ศึกษาการวัดมุมองของตัวอย่างเครื่องดื่มโกโก้ผงที่ผลิตในประเทศไนจีเรีย แล้วพบว่าค่ามุมองอยู่ในช่วง 25.0-37.7° เมื่อความชื้นและปริมาณน้ำตาลในเครื่องดื่มโกโก้ผง เท่ากับ 0.8-3.6% และ 52.4-90.5% ตามลำดับ แสดงว่าเครื่องดื่มโกโก้ผงมีความสามารถในการไหล ที่มีความหนาแน่นของผงอยู่ในช่วง 728-767 kg/m³ ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 2.40-2.89% และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 97.11-97.50%

4.2.3 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงผง

คุณลักษณะ	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%) ก่อนอบ				
	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
ลักษณะปรากฏ	7.16 ^{ab} ±1.2	7.28 ^a ±0.9	7.00 ^{ab} ±1.0	6.94 ^b ±1.1	6.92 ^b ±1.1
สี	7.20 ^{ab} ±1.2	7.26 ^a ±0.7	6.96 ^b ±1.0	6.92 ^{bc} ±1.0	6.72 ^c ±1.2
กลิ่นมะม่วง	6.64 ^{ab} ±1.2	6.78 ^a ±1.3	6.38 ^b ±1.2	6.44 ^{bc} ±1.1	6.24 ^c ±1.3
การขงละลายน้ำ ^(ns)	6.10±1.3	6.10±1.4	6.06±1.2	6.08±1.2	6.06±1.2
ความชอบโดยรวม	6.84 ^a ±1.0	6.88 ^a ±1.0	6.54 ^b ±1.0	6.56 ^b ±0.8	6.42 ^b ±1.2

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(P<0.05)

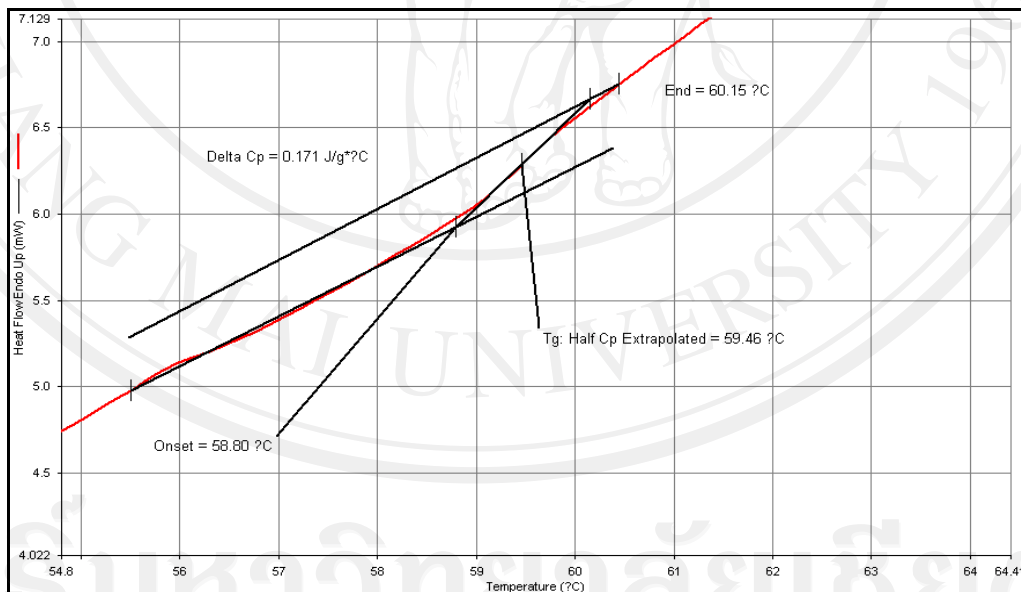
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากตารางที่ 4.5 พบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นมะม่วง และ ความชอบโดยรวม ของทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ยกเว้น คะแนนความชอบด้านการขงละลายน้ำ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (P>0.05) โดยตัวอย่างที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 17.5% ด้วยมอลโทเดกซ์ทริน ได้รับคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด นอกจากนั้นตัวอย่างดังกล่าวยังมีปริมาณความชื้น เท่ากับ 2.50% และมีค่า a_w เท่ากับ 0.23 ซึ่งมีปริมาณความชื้นของอนุภาคอาหารผงที่ปลอดภัยมี a_w

ต่ำกว่า 0.5 จูลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Fennema *et al.*, 2008) และอาหารที่มีความชื้นต่ำจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 5% เช่น นมผง แป้งมัน ไข่ผง และกาแฟสำเร็จรูป เป็นต้น (บุษกร, 2547) ดังนั้น น้ำมะม่วงผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบพ่นฝอยที่ได้จากการศึกษามีค่า a_w และปริมาณความชื้นต่ำ จึงส่งผลดีต่อคุณภาพของน้ำ มะม่วงผงเนื่องจากปลอดภัยจากจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาได้โดยที่ไม่เกาะตัวกัน นอกจากนี้ตัวอย่างยังมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูง มีความหนาแน่นของผงต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ดังนั้นจึงเลือก ตัวอย่างที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 17.5% ด้วยมอลโทเดกซ์ทริน เป็นปริมาณที่เหมาะสม ในการอบแห้ง และใช้สำหรับการทดลองในตอนต่อไป

4.2.4 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผง

จากการวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงที่ผลิตในสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้เครื่อง DSC เพื่อใช้ในการทำนายความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงผ่านการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย ได้ผลดังรูปที่ 4.1



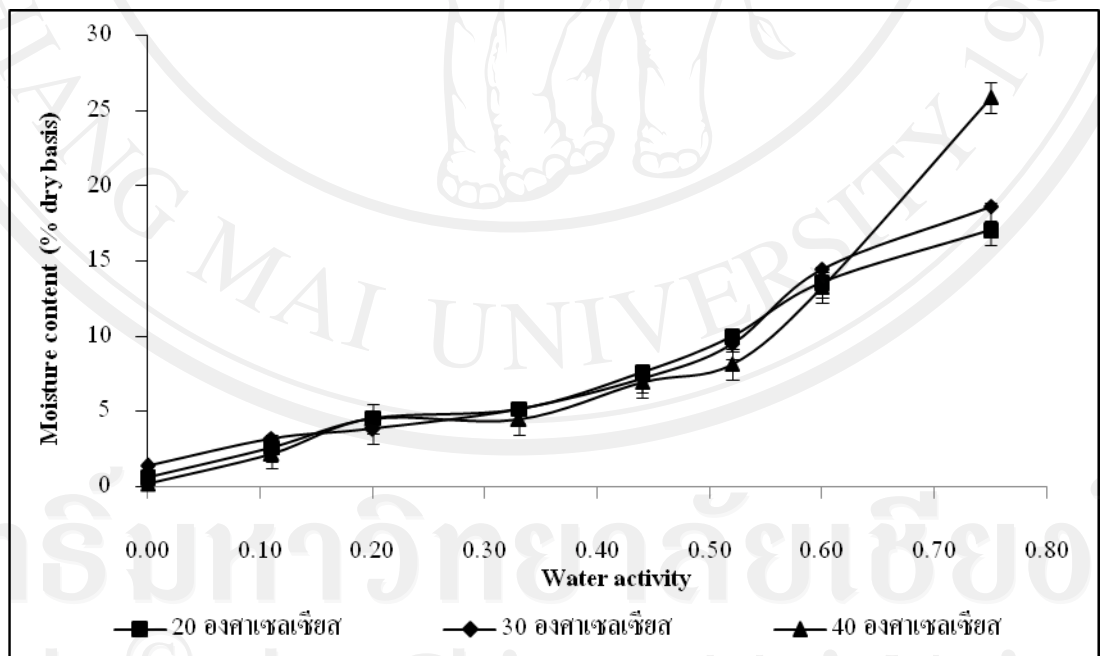
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยมอลโทเดกซ์ทรินระดับ 17.5%

รูปที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์หาอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าน้ำมะม่วงผงมีค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันอยู่ที่ 59.46°C ซึ่งน้ำมะม่วงผงที่ผลิต

ได้ในการศึกษานี้มีค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาน้ำมะม่วงผงไว้ที่อุณหภูมิห้องได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่อย่างไรก็ตามต้องควบคุมสภาวะการเก็บรักษาน้ำมะม่วงผงไม่ให้เกิดการดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงลดต่ำลง ซึ่งถ้าค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผงลดต่ำกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาจะมีผลทำให้น้ำมะม่วงผงเหนียวเกาะกันเป็นก้อน ซึ่งค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและโครงสร้างเฉพาะของตัวถูกละลาย และยังขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในอาหาร (Rahman, 1995)

4.2.5 ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์ม (moisture sorption isotherm)

นำตัวอย่างน้ำมะม่วงผงที่ได้จากการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยมอลโทเดคซ์ทริน 17.5% ก่อนการทำแห้ง ไปศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มโดยควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ 8 ระดับ (0-75%) โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัว และศึกษาที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40°C จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นสมดุลในแต่ละสภาวะ ได้ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของน้ำมะม่วงผงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ลักษณะซอร์ปชันของน้ำมะม่วงผงที่อุณหภูมิต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ น้ำมะม่วงพวงมีลักษณะคล้ายกัน โดยพบว่าการพรมที่มีลักษณะเป็น adsorption isotherm คือ ปริมาณความชื้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรกเมื่อ a_w เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะการดูดซับน้ำของอาหารจำพวก low hygroscopicity และเส้นกราฟจะชันขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปลาย ซึ่งแสดงการเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของอาหารพวก high hygroscopicity ซึ่งลักษณะ adsorption isotherm ดังกล่าวเป็นสมบัติของอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูงเนื่องจากมี capillary adsorption ต่ำ ดังนั้นอาหารที่มีสมบัติเป็น hygroscopicity เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2549) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Fabra *et al.* (2009) ซึ่งศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มขององุ่น โดยพบว่าที่ค่า a_w สูงๆ ปริมาณความชื้นสมดุลขององุ่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งจากรายงานการวิจัยของ Wang *et al.* (2008) ซึ่งได้ศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มของกล้วย พบว่าปริมาณความชื้นสมดุลของกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับค่า a_w สูงขึ้นที่ระดับอุณหภูมิการทำซอร์ปชันไอโซเทอร์มเดียวกัน ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มประเภทนี้จะเกิดกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจัดเป็นซอร์ปชันไอโซเทอร์มประเภทที่ 3 เมื่อจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสมดุลของอาหารที่อุณหภูมิเดียวกัน (Rahman, 1995) เมื่อพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิต่อปริมาณความชื้น พบว่า ปริมาณความชื้นของน้ำมะม่วงพวงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับอุณหภูมิ 40°C ปริมาณความชื้นของน้ำมะม่วงพวงจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของน้ำมะม่วงพวงที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอาหารจะสามารถดูดซับ ความชื้น (hygroscopicity) ได้มากขึ้น เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Myhara and Sablani (2001) ซึ่งพบว่าลูกเกดมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งมี ปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 40°C

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของน้ำมะม่วงพวง ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นน้ำมะม่วงพวงมี ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นของ น้ำมะม่วงพวงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น น้ำมะม่วงพวงมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 0.14-25.87% ฐานเปียก โดยตัวอย่างน้ำมะม่วงพวงที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 75% มีอัตราการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณความชื้นสูงสุด ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเกิดจากน้ำมะม่วงพวงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงจึงมีสมบัติ hygroscopicity เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยสามารถส่งผลให้ปริมาณความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2549) Myhara and Sablani (2001) พบว่า ปริมาณความชื้นสมดุลของลูกเกดที่มีกลูโคสสูงจะลดลงเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์มีค่าไม่เกิน 55% ขณะที่เมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูงขึ้น

ปริมาณความชื้นของลูกเกดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากกลูโคสในอาหารเป็นสาเหตุให้สมดุลของปริมาณความชื้น ณ อุณหภูมิต่างๆ แตกต่างกันเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

จากการวิเคราะห์ค่า a_w ของน้ำมะม่วงผง เมื่ออุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น น้ำมะม่วงผงมีค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จาก 20 เป็น 30 และ 40°C ตามลำดับ มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.051-0.745 และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น พบว่าน้ำมะม่วงผงมีค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่า a_w ของน้ำมะม่วงผงเพิ่มขึ้นสูงสุดอยู่ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ดังนั้นเมื่อพิจารณาระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จึงพบว่าน้ำมะม่วงผง มีค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่า a_w นั้นแปรผันตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ โยธิตา (2551) พบว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูง ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของแคปซูลสารสกัดสีในผลึกน้ำผึ้งจะมีค่าสูง นอกจากนี้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การศึกษาของ Rahman (1995) พบว่าหากอาหารมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 30% จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ได้ดีขึ้น เช่น การไฮโดรไลซิส และการออกซิเดชัน เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของสารที่เข้าร่วมทำปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีปริมาณน้ำจำกัดจะทำให้สารต้านอนุมูลอิสระมีความเสถียรมากกว่า (Fernema, 2008) นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเสื่อมสลายของสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระสามารถเสื่อมสลายได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงหรือเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานาน (Kirca and Cemeroglu, 2003)

จากข้อมูลซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ น้ำมะม่วงผง นำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเลือกศึกษาในรูปแบบของ Oswin, Hendersan, Halsey, Smith, Brunauer-Emmett-Teller (BET) และ Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มในช่วง อุณหภูมิที่ทดลอง ได้ค่าคงที่ของแบบจำลอง Oswin, Halsey, Handersan, Smith, Brunauer-Emmett-Teller (BET) และ Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) ดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.11 ตามลำดับ นำมาหาความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสระหว่างอุณหภูมิกับค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ เพื่ออธิบายผลของอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์ม และนำมาเปรียบเทียบกับค่าซอร์ปชันไอโซเทอร์มที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Oswin

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม		ช่วงของ a_w
	A	B	
20	2.323	0.806	0.05-0.7
30	2.323	0.733	
40	2.324	0.714	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ Oswin $M_w = A \left[\frac{a_w}{1-a_w} \right]^B$

เมื่อ M_w = ความชื้น (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง) A, B = ค่าคงที่
ค่าคงที่ A และ B หาความสัมพันธ์แบบอาร์วีเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.1) - (4.2)

$$A = 2.338e^{-1.95/T} \quad (4.1)$$

$$B = 0.118e^{559.0/T} \quad (4.2)$$

ตารางที่ 4.7 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Henderson

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม		ช่วงของ a_w
	A	B	
20	0.0333	1.3038	0.05-0.75
30	0.0314	1.3263	
40	0.0514	1.1037	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ Henderson $M_w = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{-A} \right]^{1/B}$

เมื่อ M_w = ความชื้น (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง) A, B = ค่าคงที่
ค่าคงที่ A และ B หาความสัมพันธ์แบบอาร์วีเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.3) - (4.4)

$$A = 24.88e^{-1966/T} \quad (4.3)$$

$$B = 0.103e^{753.3/T} \quad (4.4)$$

ตารางที่ 4.8 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Halsey

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม		ช่วงของ a_w
	A	B	
20	3.5512	0.7283	0.05-0.75
30	4.0975	0.7862	
40	4.1573	0.7868	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ Halsey $M_w = \left[-\frac{A}{\ln a_w} \right]^{1/B}$

เมื่อ M_w = ความชื้น (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง) A, B = ค่าคงที่
ค่าคงที่ A และ B หาค่าความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.5) - (4.6)

$$A = 43.56e^{-728/T} \quad (4.5)$$

$$B = 2.497e^{-357/T} \quad (4.6)$$

ตารางที่ 4.9 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Smith

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม		ช่วงของ a_w
	A	B	
20	0.4960	13.3653	0.05-0.75
30	0.6318	15.6095	
40	0.7925	18.0506	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ Smith $M_w = A + B \ln(1 - a_w)$

เมื่อ M_w = ความชื้น (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง) A, B = ค่าคงที่
ค่าคงที่ A และ B หาค่าความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.7) - (4.8)

$$A = 760.0e^{-2149/T} \quad (4.7)$$

$$B = 1474e^{-1378/T} \quad (4.8)$$

ตารางที่ 4.10 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Brunauer-Emmett-Teller (BET)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม		ช่วงของ a_w
	M_0	B	
20	6.4935	3.1853	0.05-0.75
30	6.3694	3.3695	
40	6.6225	3.5515	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ BET
$$M_w = \frac{M_0 B_{br} a_w}{(1 - a_w)[1 + (B_{br} - 1)a_w]}$$

เมื่อ M_0 = ปริมาณความชื้นชั้นเดี่ยว (monolayer moisture) (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง)

B_{br} = ค่าคงที่ที่สัมพันธ์กับความร้อนสุทธิตั้งหมดของ sorption

ค่าคงที่ M และ B หาความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.9) - (4.10)

$$M = 8.662e^{-87.2/T} \quad (4.9)$$

$$B = 17.49e^{-499/T} \quad (4.10)$$

ตารางที่ 4.11 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Guggenheim-Anderson-de Boer

(GAB)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม			ช่วงของ a_w
	M_0	Y	k	
20	1.0740	1.4022	7.7199	0.05-0.75
30	2.1233	2.2382	4.0200	
40	4.0188	3.4677	2.1824	

หมายเหตุ : แบบจำลองของ GAB
$$M_w = \frac{M_0 Y k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + Y k a_w)}$$

เมื่อ M_0 = GAB monolayer moisture (g น้ำ/g ของแข็งแห้ง)

Y และ k = ค่าคงที่ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิ

ค่าคงที่ M_0 , Y และ k หาความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสกับอุณหภูมิ ได้ดังสมการ (4.11)-

(4.13)

$$M = 2 \times 10^{-8} e^{5793/T} \quad (4.11)$$

$$Y = 2 \times 10^6 e^{-4152/T} \quad (4.12)$$

$$k = 1 \times 10^9 e^{-6051/T} \quad (4.13)$$

ตารางที่ 4.12 สัมประสิทธิ์ในการทำนายแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่างๆ

แบบจำลอง	สัมประสิทธิ์ในการทำนาย			
	R ²	SEE	RSS	RMSE
Oswin	0.9214	1.8231	73.1191	1.7455
Henderson	0.9165	1.8795	77.7173	1.7995
Halsey	0.9321	1.6942	63.1508	1.6221
Smith	0.9444	2.3806	124.6797	2.2792
BET	0.9415	1.5729	54.4285	1.5059
GAB	0.9858	0.7747	13.2022	0.7417

หมายเหตุ : R² = Coefficient of determination, SEE = Standard error of estimation,

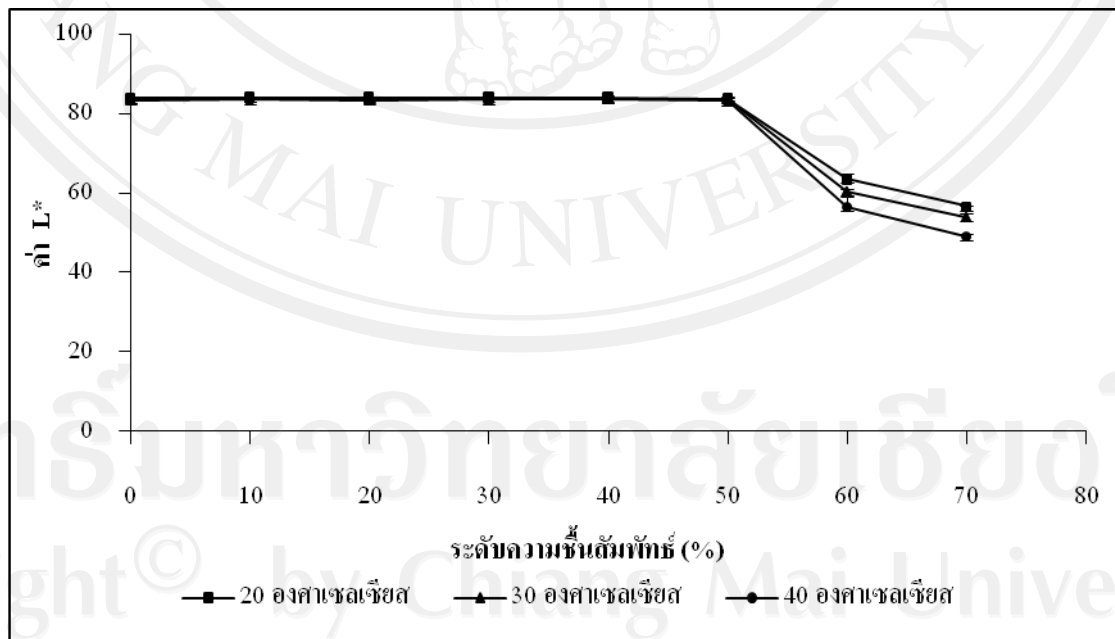
RSS = Residual sum of squares, RMSE = Root mean squares error

จากตารางแสดงค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์ม (ตารางที่ 4.12) พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ น้ำมะม่วงผง เนื่องจากมีค่า SEE, RSS และ RMSE ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.7747, 13.2022 และ 0.7417 ตามลำดับ และมีค่า R² สูงเท่ากับ 0.9858 ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ โยชิคา (2552) ซึ่งศึกษาแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มเพื่อทำนายคุณภาพ ของแคปซูลสารสกัดสีในผลึกน้ำผึ้ง พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม สำหรับแคปซูลสารสกัดสีในผลึกน้ำผึ้ง เนื่องจากให้ค่า R² สูงที่สุดคือ 0.9967 และให้ RMSE ต่ำที่สุดคือ 0.27 ซึ่งแบบจำลองของ GAB เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับอาหาร หลากหลายชนิดและมีค่า a_w อยู่ในช่วงกว้าง ซึ่งกว้างกว่าแบบจำลองของ BET และสามารถทำนายลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้อย่างแม่นยำ (Rahman, 1995) เช่น ในสับปะรดผง (Gabas *et al.*, 2007) อินทผลัมสดและอินทผลัมผง (Ahmed *et al.*, 2005) ราสเบอร์รี่ (Syamaladevi *et al.*, 2009) ผลกีวี (Moraga *et al.*, 2006) และสตอเบอรี่ (Moraga *et al.*, 2004) แต่เหมาะกับอาหารที่มีค่า a_w ช่วง 0.05-0.45 แบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Oswin มีค่า R² เท่ากับ 0.9214 ค่า SEE, RSS และ RMSE มีค่าเท่ากับ 1.8231, 73.1191 และ 1.7455 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองของ Oswin เหมาะสมกับอาหาร

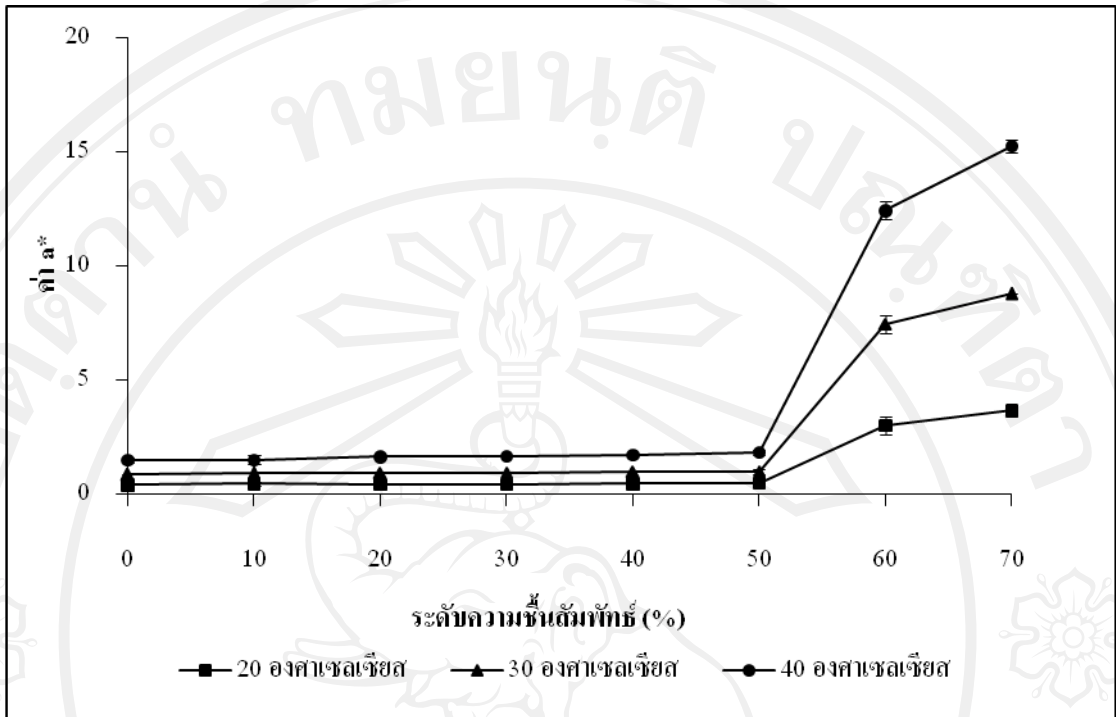
ประเภทเนื้อสัตว์ และผักต่างๆ (Rahman, 1995) แบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Henderson มีค่า R^2 ต่ำสุด และโดยมีค่าเท่ากับ 0.9165 และมีค่า SEE, RSS และ RMSE เท่ากับ 1.8795, 77.7173 และ 1.7995 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองของ Henderson ใช้วิเคราะห์อาหารทั่วไป (Rahman, 1995) แบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Halsey มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9321 ค่า SEE, RSS และ RMSE มีค่าเท่ากับ 1.6942, 63.1508 และ 1.6221 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองของ Halsey เหมาะกับอาหารที่มีค่า a_w ในช่วง 0.1-0.8 (Rahman, 1995) แบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Smith มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9444 ค่า SEE, RSS และ RMSE สูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.3806, 124.6797 และ 2.2792 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองของ Smith เหมาะกับ อาหารประเภท bio-polymers ที่มีมวลโมเลกุลสูง (Rahman, 1995) และแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ BET มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9415 และมีค่า SEE, RSS และ RMSE เท่ากับ 1.5729, 54.4285 และ 1.5059 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองของ BET เหมาะกับอาหารที่มีค่า a_w ช่วง 0.05-0.45 (Rahman, 1995)

4.3 อิทธิพลของระดับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และ คุณลักษณะของน้ำมะม่วงผง

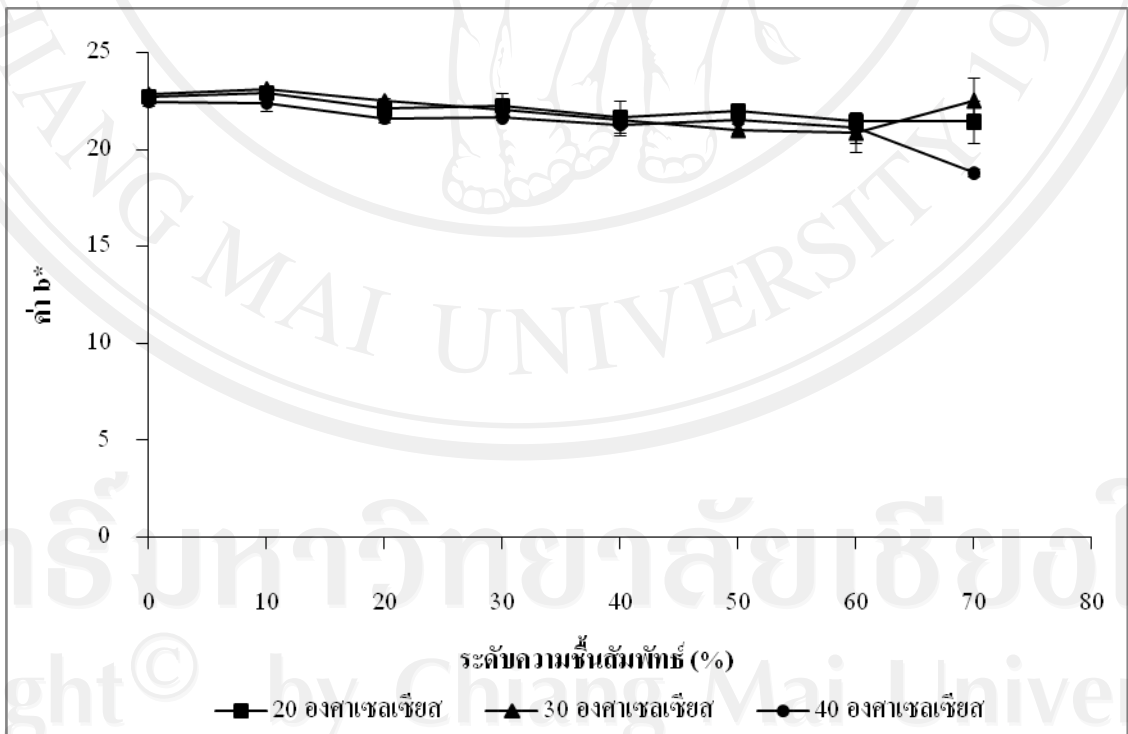
จากการนำตัวอย่างน้ำมะม่วงผงหลังจากเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้ว ไปศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าสีของน้ำมะม่วงผงได้ผล ดังรูปที่ 4.3-4.5



รูปที่ 4.3 ค่าสี L* ของน้ำมะม่วงผง



รูปที่ 4.4 ค่าสี a* ของน้ำมะม่วงผง



รูปที่ 4.5 ค่าสี b* ของน้ำมะม่วงผง

จากรูปที่ 4.3 แสดงค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำมะม่วงฝงมีค่ามาก แสดงว่าตัวอย่างมีความสว่างมาก เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) อุณหภูมิต่างๆ กับระดับความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 20°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 33% ให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 84.18 และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง โดยที่อุณหภูมิ 20°C และความชื้นสัมพัทธ์ 75% ให้ค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำมะม่วงฝงมีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 56.74 เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาต่างๆ เกิดในอัตราที่เร็วขึ้นและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (นิธิยา, 2544) และที่อุณหภูมิและระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นไป น้ำมะม่วงฝงเปลี่ยนจากสถานะ อสังฐาน ไปเป็นสถานะของเหลวหนืดคล้ายยาง นอกจากนั้นมอดโทเดกซ์ทรินเมื่อละลายแล้วจะไม่มีสี ทำให้สีของน้ำมะม่วงเด่นขึ้น จึงส่งผลให้น้ำมะม่วงฝงมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง

จากรูปที่ 4.4 แสดงค่าสี a^* ของน้ำมะม่วงฝง ค่า a^* แสดงเฉดสีระหว่างสีเขียว ($-a^*$) ถึง สีแดง ($+a^*$) ของตัวอย่าง พบว่า ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 40°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 75% ให้ค่าสี a^* สูงสุด โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ 6.47 เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a^* ที่อุณหภูมิต่างๆ กับระดับความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) น้ำมะม่วงฝงมีค่า a^* อยู่ในช่วงสีแดงเนื่องจากมีค่าเป็นบวก และที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 40°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 11% ให้ค่าสี a^* ต่ำที่สุด คือ 0.65 แสดงว่าน้ำมะม่วงฝงอยู่ในช่วงของสีแดงเล็กน้อย ค่าสี a^* ของน้ำมะม่วงฝงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น น้ำมะม่วงฝงจะมีการดูดซับความชื้นและมอดโทเดกซ์ทรินจะละลาย เมื่อละลายจะมีสีใส ทำให้สีของน้ำมะม่วงเด่นชัดขึ้น ส่งผลให้ค่าสี a^* สูงขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูง ค่าสี a^* จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากรูปที่ 4.5 แสดงค่าสี b^* ของน้ำมะม่วงฝง ค่าสี b^* แสดงเฉดสีระหว่างสีน้ำเงิน ($-b^*$) ถึง สีเหลือง ($+b^*$) ของตัวอย่าง พบว่า ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 11% ให้ค่าสี b^* สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b^* ที่อุณหภูมิต่างๆ กับระดับความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสี b^* เท่ากับ 23.09 น้ำมะม่วงฝงมีค่า b^* อยู่ในช่วงสีเหลืองสูง และที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 40°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 75% มีค่าสี b^* ต่ำที่สุด คือ 18.79 แสดงว่าน้ำมะม่วงฝงอยู่ในช่วงสีเหลืองค่อนข้างต่ำ และที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสี b^* ลดลง

ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 50% มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าสี a^* ของน้ำมะม่วงฝงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า a_w สูงขึ้น เนื่องจากมะม่วงประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคส ฟรักโทส และซูโครส เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกออกและเกิดปฏิกิริยา

พอลิเมอร์ไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาลแดง เรียกปฏิกิริยานี้ว่าคาราเมลไรเซชัน ซึ่งอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น 5-10 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10°C หรือเมื่ออาหารมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2544) นอกจากนั้นยังอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาบอนิลในน้ำตาลรีดิคัลกับอะมิโนอิสระที่มีอยู่ในเนื้อ มะม่วง ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fennema, 2008) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น น้ำมะม่วงผงจึงมีสีเข้มขึ้นและมีสีน้ำตาลออกแดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cano-Chauca (2005) พบว่า กลัวยอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C จะมีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่า และค่า a* มากกว่ากลัวยอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60°C เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเร่งอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไมซ์เอนไซม์เพิ่มขึ้น

4.3.1 ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวมของน้ำมะม่วงผง ได้ผลดังตารางที่ 4.13 พบว่า ความหนาแน่นของผงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นความหนาแน่นรวมของน้ำ มะม่วงผงจะลดลง ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีปริมาณช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อย เนื่องจากการอัดตัวกันแน่นขึ้น ทำให้ความหนาแน่นรวมของผงน้ำมะม่วงผงลดลง ซึ่งความหนาแน่นของผงมีผลต่อการไหลของน้ำ มะม่วงผง เมื่อความหนาแน่นของผงสูงขึ้น นั่นคือน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรสูงขึ้น การไหลของน้ำมะม่วงผงจะเร็วขึ้น (สุทิน และฤดี, 2525) จากผลการ วัดค่ามุมกองซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ ความสามารถในการไหลของน้ำมะม่วงผงหลังการเก็บรักษา พบว่ามีค่ามุมกองอยู่ในช่วง 16-37° แสดงว่ามีความสามารถในการไหลได้ดี

ตารางที่ 4.13 ค่าความหนาแน่นรวมของน้ำมะม่วงผง (kg/m^3)

ระดับความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		
	20	30	40
0	790 ^{Aa} ± 0.02	777 ^{Ac} ± 0.04	783 ^{Bb} ± 0.01
11	777 ^{Bb} ± 0.01	777 ^{Ab} ± 0.03	823 ^{Aa} ± 0.01
20	763 ^{Db} ± 0.01	760 ^{Bc} ± 0.02	770 ^{Ca} ± 0.03
33	767 ^{Ca} ± 0.01	743 ^{Cb} ± 0.01	767 ^{Ca} ± 0.01
44	760 ^{Ea} ± 0.03	743 ^{Cb} ± 0.01	737 ^{Dc} ± 0.01
52	727 ^{Fb} ± 0.02	737 ^{Da} ± 0.02	727 ^{Eb} ± 0.02
60	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตาราง หมายถึง ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ND หมายถึง ไม่สามารถวัดความหนาแน่นรวมได้เนื่องจากน้ำมะม่วงผงเปลี่ยนสถานะจาก amorphous state ไปเป็น rubbery state

4.3.2 ความหนาแน่นของอนุภาค

ความหนาแน่นของอนุภาคของน้ำมะม่วงผง ได้ผลดังตารางที่ 4.14 พบว่า ความหนาแน่นของอนุภาคผงทุกระดับความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นความหนาแน่นของอนุภาคผงของน้ำมะม่วงผงจะเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอนุภาคผงเป็นปริมาตรที่แท้จริงของอนุภาคผงน้ำมะม่วงโดยไม่รวมปริมาตรของช่องว่าง ทั้งช่องว่างภายในอนุภาคหรือช่องว่างระหว่างอนุภาค อาศัยหลักการแทนที่ช่องว่างด้วยตัวทำละลายที่ไม่ละลายอนุภาคผง ซึ่งค่าที่ได้อาจแตกต่างกันออกไปหรือต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง โดยขึ้นอยู่กับความสามารถของตัวทำละลายที่ใช้ในการแทรกเข้าแทนที่ช่องว่างหรือรูพรุนต่างๆ (จักรพันธ์, 2551) ความหนาแน่นของอนุภาคผงจะเพิ่มขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นของอนุภาคผงของสตาร์ชเท่ากับ 1500 kg/m^3 , α -Glucose มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคผงเท่ากับ 1544 kg/m^3 และ β -Glucose มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคผงเท่ากับ 1562 kg/m^3 (Rahman, 1995)

ตารางที่ 4.14 ค่าความหนาแน่นของอนุภาคของน้ำมะม่วงผง (kg/m^3)

ระดับความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		
	20	30	40
0	1322.10 ^{Af} ±83.3	981.32 ^{Cf} ±23.3	1259.67 ^{Bf} ±46.7
11	1380.60 ^{Ac} ±89.0	1130.39 ^{Cc} ±47.0	1349.92 ^{Bc} ±68.4
20	1433.47 ^{Ad} ±0.0	1184.09 ^{Bd} ±0.0	1440.76 ^{Ad} ±0.0
33	1530.02 ^{Ac} ±0.0	1256.04 ^{Cc} ±0.0	1472.32 ^{Bc} ±0.0
44	1607.83 ^{Ab} ±0.0	1465.54 ^{Cb} ±0.0	1547.78 ^{Bb} ±0.0
52	1769.76 ^{Aa} ±0.0	1526.19 ^{Ca} ±0.0	1689.28 ^{Ea} ±0.0
60	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตาราง หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ND หมายถึง ไม่สามารถวัดความหนาแน่นของอนุภาคได้เนื่องจากน้ำมะม่วงผงเปลี่ยนสถานะจาก amorphous state ไปเป็น rubbery state

4.3.3 ค่ามุมกอง

จากการวัดค่ามุมกองของน้ำมะม่วงผง ได้ผลดังตารางที่ 4.15 พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา และระดับความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อค่ามุมกอง โดยค่ามุมกองจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษา และระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น น้ำมะม่วงผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 0% มีค่ามุมกองต่ำที่สุด คือ 16° แสดงว่ามีความสามารถในการไหลได้ดี ซึ่งหากค่ามุมกองน้อยกว่า 35° น้ำมะม่วงผงมีความสามารถในการไหลที่ดี ช่วง $35-45^{\circ}$ ไหลพอใช้ ช่วง $45-55^{\circ}$ ไหลได้จำกัด และ 55° ขึ้นไปจะไม่ไหล (Barbosa-Canovas *et al.*, 1996) ส่วนที่อุณหภูมิการเก็บรักษา และระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น มีค่ามุมกองสูงขึ้น แสดงว่าอนุภาคเกาะตัวกัน ทำให้น้ำมะม่วงผงดังกล่าวมีค่ามุมกองสูง จะสังเกตเห็นว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษา และระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจะไม่สามารถหาความสามารถในการไหลได้ เนื่องจากน้ำมะม่วงผงจะเปลี่ยนสถานะจาก amorphous state ไปเป็นสถานะของเหลวหนืดคล้ายยาง (rubbery state)

ตารางที่ 4.15 ค่ามุมกองของน้ำมะม่วงผง

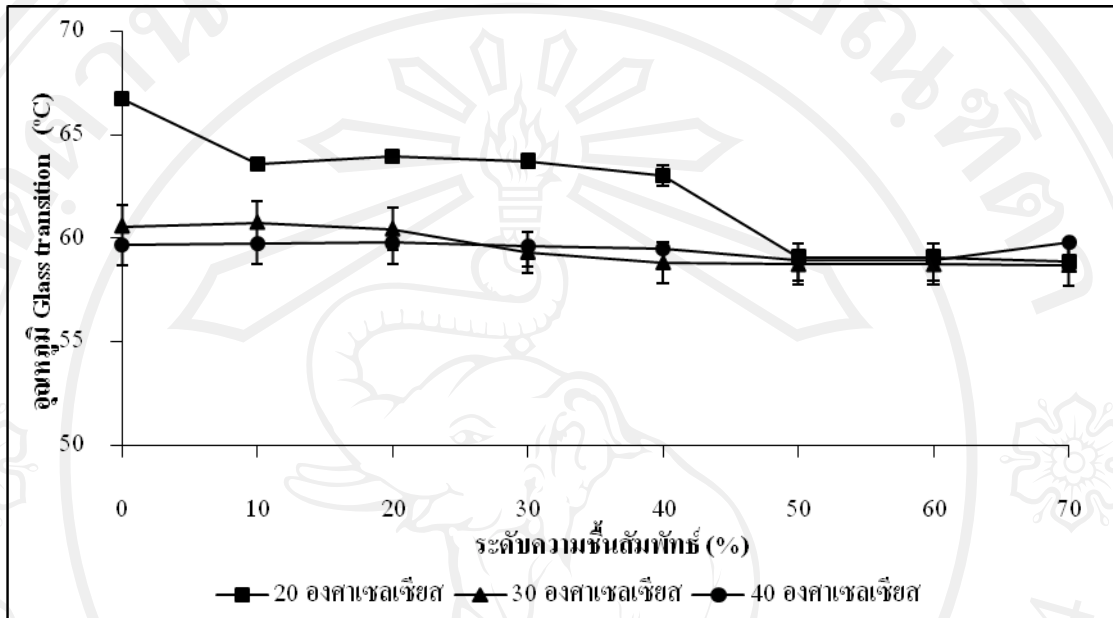
ระดับความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (°C)		
	20	30	40
0	16.0 ^{Fb} ±3.4	27.0 ^{Fa} ±0.0	27.0 ^{Fa} ±1.0
11	22.7 ^{Eb} ±2.1	30.0 ^{Da} ±1.7	30.7 ^{Ea} ±2.5
20	26.3 ^{Dc} ±1.1	29.3 ^{Eb} ±3.5	31.3 ^{Da} ±1.1
33	27.7 ^{Cc} ±2.1	31.7 ^{Cb} ±1.6	32.0 ^{Ca} ±0.0
44	34.3 ^B ±0.6	34.3 ^B ±0.6	34.3 ^B ±0.6
52	35.3 ^{Ab} ±1.1	35.7 ^{Ab} ±2.3	37.0 ^{Aa} ±1.7
60	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงในตาราง หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ
 : 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดง
 ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 : 3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดง
 ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 : 4) ND หมายถึง ไม่สามารถวัด ค่ามุมกอง ได้เนื่องจากน้ำมะม่วงผงเปลี่ยนสถานะจาก
 amorphous state ไปเป็น rubbery state

4.3.4 ผลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ออุณหภูมิกลาสรานชิซัน

การวิเคราะห์หาอุณหภูมิกลาสรานชิซันของน้ำ มะม่วงผง แสดงในรูปที่ 4.6 พบว่าที่
 อุณหภูมิ 20°C มีค่า T_g อยู่ในช่วง 58-63°C ที่อุณหภูมิ 30°C มีค่า T_g อยู่ในช่วง 58-60°C ที่อุณหภูมิ
 40°C มีค่า T_g อยู่ในช่วง 58-59°C จะเห็นว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษาและระดับความชื้นสัมพัทธ์
 สูงขึ้นค่า T_g จะมีค่าลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของน้ำมะม่วง
 ผงเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า T_g ลดลง อาหารผงที่มีปริมาณความชื้นต่ำและมีค่า T_g สูงกว่าอุณหภูมิการเก็บ
 รักษาจะทำให้สามารถเก็บรักษาได้โดยไม่เปลี่ยนสถานะ แต่อย่างไรก็ตามถ้าอาหารผงมีความชื้น
 เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า T_g จะลดลง เพราะฉะนั้นอาหารที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีความเสี่ยงมากในการ
 เกิดการเปลี่ยนสถานะไปเป็นของเหลวหนืดเนื่องจากมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (Kurozawa, *et al.*,
 2009) ซึ่งน้ำมะม่วงผงที่ศึกษานี้มีค่า T_g สูงกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา แต่ต้องควบคุมสภาวะการเก็บ
 รักษา โดยที่ระดับความชื้นสูงน้ำ มะม่วงผงจะดูความชื้น ทำให้น้ำมะม่วงผงเหนียวเกาะกันเป็น

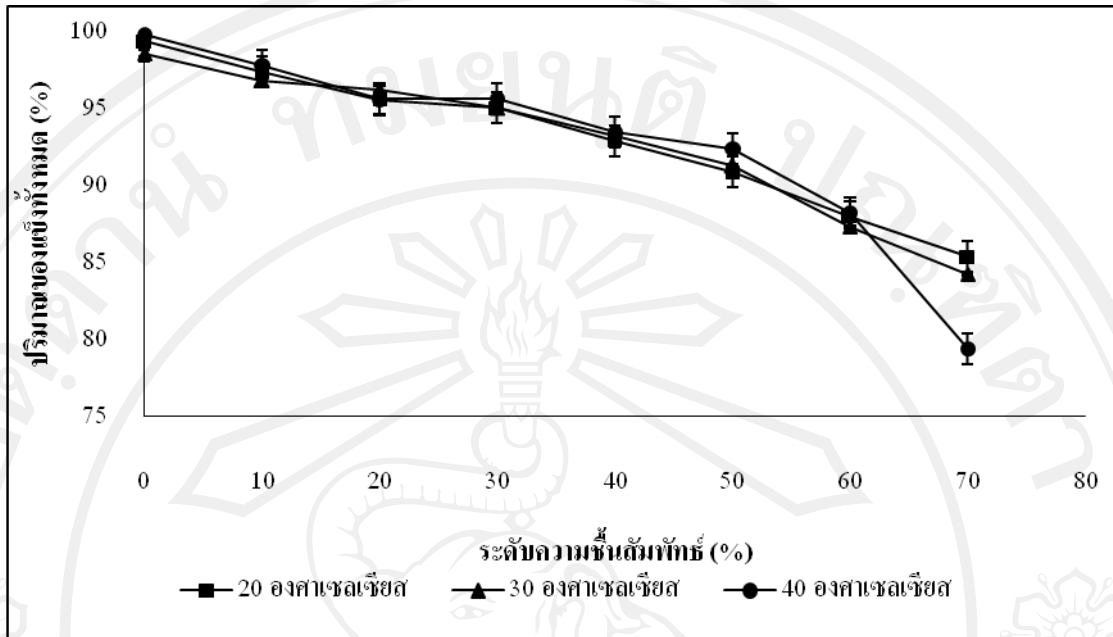
ก่อน การเติมมอลโทเดกซ์ทรินเพื่อเพิ่มค่า T_g และป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเหนียว (stickiness) จึงได้รับความนิยมนในการผลิตน้ำผลไม้ผง (พีรพล, 2550)



รูปที่ 4.6 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำมะม่วงผง

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดใน น้ำมะม่วงผง แสดงในรูปที่ 4.7 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งทั้งหมด ลดลงเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 20 เป็น 30 และ 40°C และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น น้ำมะม่วงผงมีปริมาณของแข็งทั้งหมด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น น้ำมะม่วงผงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 79.45-99.86% ปริมาณของแข็งที่ลดลงจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดคิดเป็นสัดส่วนผันแปรตามน้ำหนักทั้งหมดของอาหาร (นิธิยา, 2544)



รูปที่ 4.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงผง

4.3.6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์วิทยา

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count, CFU/g) แสดงในตารางที่ 4.16 พบว่าน้ำมะม่วงผงทุกสภาวะการเก็บรักษามีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่า 250 CFU/g ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 0-52% แต่เริ่มมีการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นมากกว่า 250 CFU/g และมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มเป็น 60 และ 75% ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 2.55×10^2 , 2.77×10^2 และ 3.08×10^2 CFU/g ที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40°C ตามลำดับ ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใน น้ำมะม่วงผง ทุกสภาวะการเก็บรักษายังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดว่า ผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 CFU/g ส่วนยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g (มพช.136/2546)

เมื่อวิเคราะห์ จำนวนยีสต์และรา แสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าน้ำมะม่วงผง ทุกสภาวะการเก็บรักษา มีจำนวนโคโลนีของยีสต์และราน้อยกว่า 25 CFU/g ดังนั้นผลิตภัณฑ์ น้ำมะม่วงผง จึงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด โดยทั่วไปการเสื่อมเสียของอาหาร โดยมีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุ นั้น มักจะเกิดขึ้นจากการเจริญของแบคทีเรีย แต่เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w มากกว่า 0.90 ดังนั้นในการทดลองนี้แบคทีเรียจึงไม่มีบทบาทในการเสื่อมเสียของอาหาร ขณะที่ยีสต์และราสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w 0.80-0.85 โดยสามารถทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ภายใน 1-

2 อาทิตย์ และอาหารที่มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.75 การเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นช้า เนื่องจากมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถเจริญได้ แต่ถ้าหากอาหารมีค่า a_w เท่ากับ 0.65 การเสื่อมเสียแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย และสามารถเก็บอาหารนี้ได้มากกว่า 2 ปี (นิธิยา, 2549) งานวิจัยของพิพัฒน์และคณะ (2548) ได้ศึกษาการเก็บรักษาเนื้อลำไยอบแห้งที่มีค่า a_w เริ่มต้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.4, 0.5 และ 0.6 เป็นเวลา 6 เดือน เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ตรวจพบว่าเนื้อลำไยอบแห้งมีการเจริญของเชื้อราทั้งหมดเฉลี่ย 2.0, 3.20 และ 1.27 CFU/g ส่วนปริมาณยีสต์สูงสุดที่ตรวจพบคือ 3.07 CFU/g และในงานวิจัยของชนันท์ (2545) ได้ศึกษาการเก็บรักษาลำไยผงในถุงสุญญากาศและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยบรรจุแบบธรรมดา แบบเติมไนโตรเจน แบบเติมสารดูดความชื้น และแบบเติมสารดูดความชื้นร่วมกับสารดูดออกซิเจน พบว่าเมื่อครบระยะเวลา 6 เดือน ลำไยผงมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.122-0.161 โดยตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง $1.60-1.80 \times 10^2$ CFU/g ส่วนยีสต์และราตรวจพบอยู่ระหว่าง 36-45 CFU/g

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ น้ำมะม่วงผง โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน เพราะผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษา คือ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30°C และมีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 33% เนื่องจากสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาได้สูงสุด

ตารางที่ 4.16 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำมะม่วงผง

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		
	20°C	30°C	40°C
0	<250	<250	<250
11	<250	<250	<250
20	<250	<250	<250
33	<250	<250	<250
44	<250	<250	<250
52	<250	<250	<250
60	<250	>250	>250
75	>250	>250	>250

ตารางที่ 4.17 จำนวนยีสต์และราของน้ำมะม่วงผง

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		
	20°C	30°C	40°C
0	<25	<25	<25
11	<25	<25	<25
20	<25	<25	<25
33	<25	<25	<25
44	<25	<25	<25
52	<25	<25	<25
60	<25	<25	<25
75	<25	<25	<25