บทที่4

ผลการวิจัย

4.1 การเตรียมแป้งละลายน้ำเย็น

นำแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ปทุมธานี 1,ข้าวหอมมะลิ 105, สุพรรณบุรี 1, สุพรรณบุรี 3, สุพรรณบุรี 60, สุพรรณบุรี 90,ชัยนาท 2, ชัยนาท 3, กข 15, กข 31, และพิษณุโลก 2 มาละลายด้วย 3M NaOH และตกตะกอนด้วย 40% เอทานอล และ 60% เอทานอล ตามลำดับ สังเกตลักษณะการละลายและการตกตะกอนของแป้งข้าวเจ้าที่ได้ในแต่ละขั้นตอนได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การละลายและการตกตะกอนของแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ

สายพันธุ์	ลักษณะการละลายและตกตะกอน
ข้าวหอมมะลิ 105	-หลังเติม 95% Ethanol แป้งจับตัวกันแน่น เป็นก้อน -เมื่ออบแล้วแป้งจับเป็นก้อน สีเหลือง -บดได้ละเอียด ผงแป้งมีสีเหลือง
ปทุมธานี 1	-แป้งเป็นก้อนสีเหลืองในระหว่างการปรับความเป็นกรดด่าง -ผงแป้งบดได้ละเอียด ผงแป้งมีสีเหลือง
สุพรรณบุรี 1	-หลังอบแห้งแป้งที่ได้ใส บดไม่ละเอียด -ได้ปริมาณแป้งน้อย ผ่านตะแกรง 100 mesh ได้ยาก -เป็นแผ่นเล็กๆใสๆ
สุพรรณบุรี 3	-ใส่60%Ethanol แป้งตกตะกอนช้า -หลังล้างด้วย95%Ethanol แป้งใสขุ่น -ขณะอบมีน้ำออกมาจากแป้งมาก แป้งแห้งช้า -บดละเอียด มีแผ่นใสๆเล็กน้อย

สายพันธุ์	ลักษณะการละลายและตกตะกอน
สุพรรณบุรี 60	-หลังอบเป็นแผ่นบางใส -บดไม่ละเอียด ผงแป้งมีสีขาว มีแผ่นบางใสเล็กน้อย
สุพรรณบุรี 90	-เมื่ออบแห้งแล้ว แป้งที่ได้ใส บดไม่ละเอียด -ได้ปริมาณแป้งน้อย ไม่ผ่าน 100 mesh เป็นแผ่นเล็กๆใส -ผงแป้งมีสีขาว เนื้อนุ่ม
ก ข 15	-หลังอบแป้งได้ผงแป้ง ไม่เป็นก้อน -ผงแป้งสีขาวขุ่น บดได้ละเอียด
ก ข 31	ผงแป้งที่ได้มีสีขาวขุ่น บดได้ละเอียด
ชัยนาท 2	-แป้งเป็นแผ่นขาวขุ่น แข็ง เกาะตัวแน่น -ผงแป้งบดได้ละเอียด
ชัยนาท 3	-เนื้อแป้งหยาบ มีสีขาวขุ่น -ผงแป้งบดได้ละเอียด
พิษณุโลก 2	-แป้งเป็นแผ่นสีขาว ค่อนข้างใส -ผงแป้งบดได้ไม่ละเอียด ผงแป้งมีสีขาว

4.2 การหากำลังการพองตัวและการละลายน้ำ

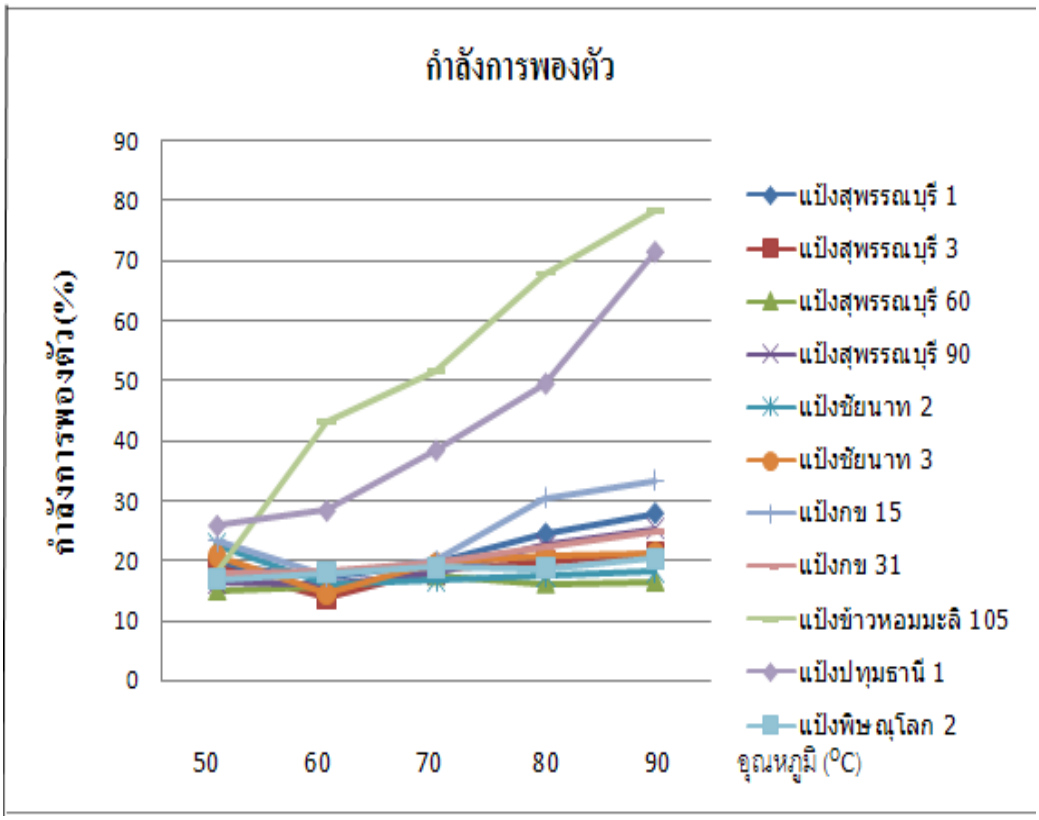
นำแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ปทุมธานี 1,ข้าวหอมมะลิ 105, สุพรรณบุรี 1, สุพรรณบุรี 3, สุพรรณบุรี 60, สุพรรณบุรี 90,ชัยนาท 2, ชัยนาท 3, กข 15, กข 31, และพิษณุโลก 2 มาทำการทดสอบโดยจุ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 50^{O}C-90^{O}C เป็นเวลานาน 30 นาที เขย่าทุก 5 นาที เพื่อป้องกันแป้งนอนติดก้นหลอด ได้ผลทดลองดังนี้

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่ากำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 50^{O}C-90^{O}C พบว่าแป้งข้าวหอมมะลิ 105 มีกำลังการพองตัวที่สูงมาก เมื่อต้มที่อุณหภูมิ 90 ^{O}C แต่แป้งข้าวหอมมะลิ 105 จะมีกำลังการพองตัวไม่สูงมากนักที่อุณหภูมิ 50 ^{O}C แป้งปทุมธานี 1 มีกำลังการพองตัวที่ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 50^{O}C-90^{O}C เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสายพันธุ์อื่นๆ

ตารางที่ 4.2 **ค่ากำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ** 50°C-90°C

กำลังการพองตัว	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
แป้งสุพรรณบุรี 1	19.38	17.20	19.63	24.45	27.90
แป้งสุพรรณบุรี 3	18.80	13.79	18.58	19.50	21.11
แป้งสุพรรณบุรี 60	15.07	15.62	17.57	16.28	16.61
แป้งสุพรรณบุรี 90	16.24	15.86	17.54	22.41	25.17
แป้งชัยนาท 2	22.62	15.99	16.70	17.39	18.32
แป้งชัยนาท 3	20.86	14.47	19.65	20.81	21.34
แป้งกข 15	23.45	17.52	20.04	30.42	33.27
แป้งกข 31	17.91	18.24	19.66	22.17	24.82
แป้งข้าวหอมมะลิ 105	17.84	43.28	51.64	67.97	78.44
แป้งปทุมธานี 1	25.90	28.39	38.42	49.49	71.40
แป้งพิษณุโลก 2	16.88	17.92	18.81	18.70	20.30

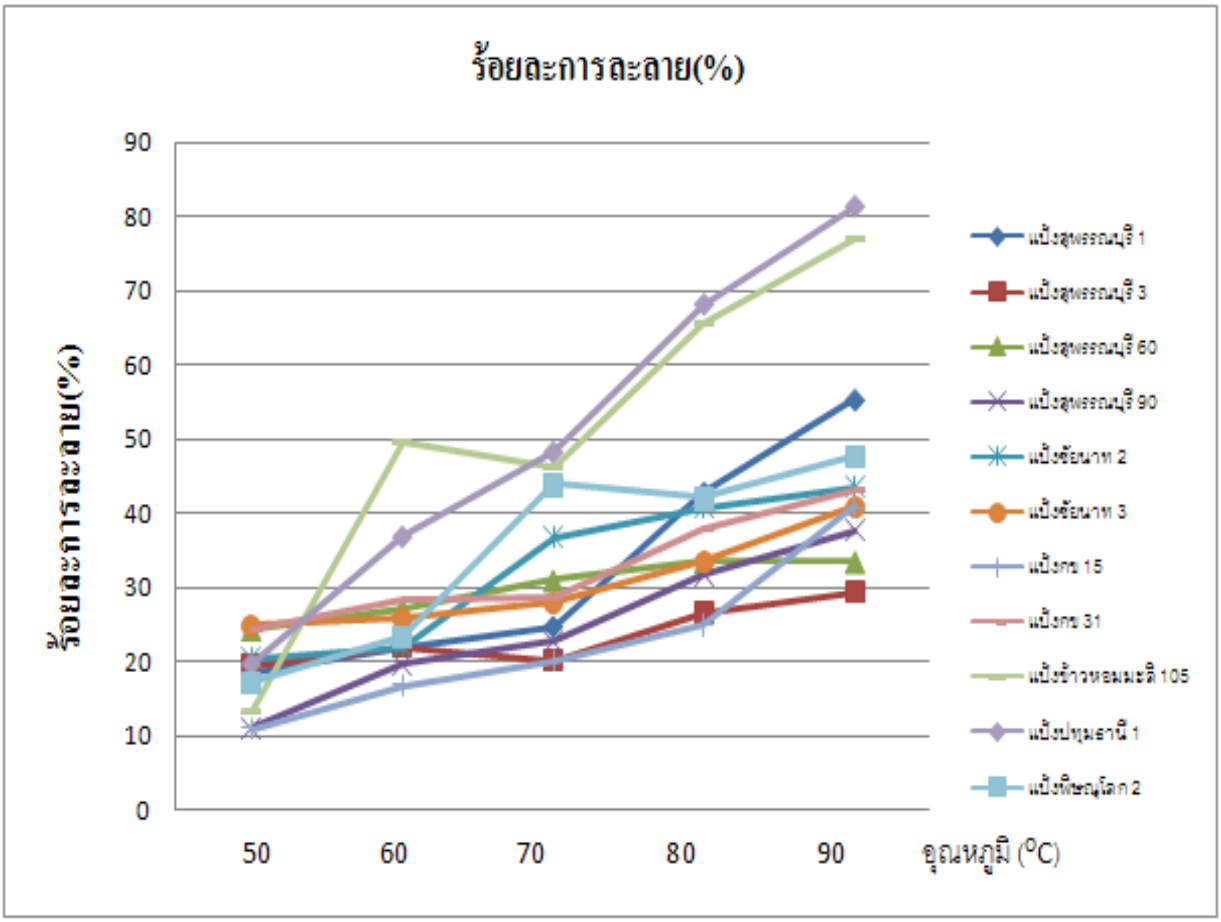
รูปที่ 4.1 ค่ากำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 50°C-90°C



ตารางที่ 4.3 **ค่าร้อยละการละลายของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ** 50^{O}C-90^{O}C

ร้อยละการละลาย	50 ^{O}C	60 ^{O}C	70 ^{O}C	80 ^{O}C	90 ^{O}C
แป้งสุพรรณบุรี 1	18.54±0.50	21.89±2.07	24.56±0.16	42.72± 18.58	55.34±6.59
แป้งสุพรรณบุรี 3	19.51±5.41	22.01±0.45	20.12±2.23	26.56±0.40	29.32±0.25
แป้งสุพรรณบุรี 60	24.28±0.31	27.06±1.05	30.96±2.74	33.47±1.34	33.47±1.94
แป้งสุพรรณบุรี 90	11.03±3.12	19.52±0.25	22.69±0.59	31.60±1.58	37.52±2.43
แป้งชัยนาท 2	20.46±2.33	21.99±0.86	36.73±0.43	40.78±1.71	43.42±0.28
แป้งชัยนาท 3	24.87±3.56	25.72±0.16	27.98±0.17	33.41±0.63	40.88±0.60
แป้งกข 15	10.86±3.06	16.74±3.31	20.04±0.04	24.90±0.80	40.79±4.27
แป้งกข 31	24.29±0.30	28.45±0.12	28.64±0.55	37.81±3.23	43.08±1.48
แป้งข้าวหอมมะลิ 105	13.13±0.16	49.51±6.83	46.21±1.72	65.56±1.43	77.03±1.03
แป้งปทุมธานี 1	19.64±0.25	36.81±3.53	48.23±2.05	68.16±2.30	81.36±1.04
แป้งพิษณุโลก 2	17.15±0.63	23.18±3.30	43.76±2.20	41.95±1.51	47.58±0.77

รูปที่ 4.2 ค่าร้อยละการละลายของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 50°C-90°C



4.3 การหาค่า Cold-Water Solubility

นำแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ปทุมธานี 1,ข้าวหอมมะลิ 105, สุพรรณบุรี 1, สุพรรณบุรี 3, สุพรรณบุรี 60, สุพรรณบุรี 90,ชัยนาท 2, ชัยนาท 3, กข 15, กข 31, และพิษณุโลก 2 นำมาทดสอบโดยการละลายใช้ magnetic stirrer กวนในน้ำที่อุณหภูมิ5^{O}C-27^{O}C ได้ผลการละลายน้ำดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าการละลายน้ำเย็นของแป้งข้าวเจ้าละลายน้ำเย็น

สายพันธุ์	**อุณหภูมิ** 5 ^{O}C	**อุณหภูมิ** 27 ^{O}C
แป้งสุพรรณบุรี 1	27.33±1.78	20.41±0.62
แป้งสุพรรณบุรี 3	26.81±0.18	20.09±0.31
แป้งสุพรรณบุรี 60	22.04±0.28	17.81±0.44
แป้งสุพรรณบุรี 90	13.82±3.57	15.61±0.31
แป้งชัยนาท2	31.54±0.50	25.03±0.12
แป้งชัยนาท3	27.42±1.03	21.63±0.29
แป้งกข 15	22.52±2.32	17.63±0.11
แป้งกข 31	22.63±1.49	20.21±0.84
แป้งข้าวหอมมะลิ 105	52.00±2.07	45.17±1.05
แป้งปทุมธานี 1	29.96±0.84	35.56±0.61
แป้งพิษณุโลก 2	27.24±0.81	20.80±0.41
แป้งพรีเจลาติไนซ์	15.72±0.45	19.06±1.05

จาก ตารางที่ 4.4 การหาค่า Cold-Water Solubility ของแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 5 ^{O}C และ 27^{O}C พบว่าแป้งข้าวหอมมะลิ 105 มีค่าการละลายน้ำเย็นสูงที่สุด เมื่อเทียบกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ รองลงมาได้แก่แป้งปทุมธานี 1 ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพการบริโภคคล้ายคลึงกับข้าวหอมมะลิ ทางผู้วิจัยจึงนำข้าวหอมมะลิ 105 มาใช้ในการเตรียมแป้งละลายน้ำเย็นเพื่อใช้ในการทดสอบชิมในผู้สูงอายุต่อไป

4.4 การหาความชื้น

นำแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ปทุมธานี 1,ข้าวหอมมะลิ 105, สุพรรณบุรี 1, สุพรรณบุรี 3, สุพรรณบุรี 60, สุพรรณบุรี 90,ชัยนาท 2, ชัยนาท 3, กข 15, กข 31, และพิษณุโลก 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 110 ^{O}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่าง ๆ

ปริมาณความชื้น	Mean±SD
แป้งสุพรรณบุรี1	11.84±0.44
แป้งสุพรรณบุรี3	10.69±0.62
แป้งสุพรรณบุรี60	11.27±0.82
แป้งสุพรรณบุรี90	12.39±0.89
แป้งชัยนาท2	11.63±0.64
แป้งชัยนาท3	13.99±0.54
แป้งกข15	12.40±0.34
แป้งกข31	11.45±0.86
แป้งข้าวหอมมะลิ105	15.85±0.43
แป้งปทุมธานี1	16.04±0.23
แป้งพิษณุโลก2	12.14±0.56
แป้งพรีเจลาติไนซ์	12.23±0.30

4.5 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผลไม้

4.5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำผลไม้

ค่าแถบสี

เปรียบเทียบน้ำผลไม้กับหนังสือวัดแถบสี (The Munsell book of color) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.6 แถบสีของน้ำผลไม้

ตัวอย่าง	Hue	Value	Chroma
น้ำส้มสด	7.5 YR	7	16
น้ำสับปะรดสด	7.5 YR	7	12
น้ำส้มกล่อง	5 Y	8.5	10
น้ำสับปะรดกล่อง	5 Y	7	6

4.5.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำผลไม้

ตารางที่ 4.7 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำผลไม้

ตัวอย่าง	pH	Ash (%)	ปริมาณ Vitamin C (mg/100ml)	Citric acid (%)
น้ำส้มสด	3.74	3.93±0.09	16.34±0.20	0.08±0.00
น้ำสับปะรดสด	3.92	2.48±0.02	9.16±0.00	0.05±0.00
น้ำส้มกล่อง	3.69	1.81±0.29	36.97±0.41	0.06±0.00
น้ำสับปะรดกล่อง	3.71	3.10±0.06	35.17±0.45	0.06±0.00

4.5.3 ความหนืดของน้ำผลไม้เพิ่มความข้นหนืด

ในต่างประเทศผลิตภัณฑ์เพิ่มความหนืด (Thicken foods) เป็นที่นิยมบริโภคในผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องการกลืนอย่างมาก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม UHT เพิ่มความข้นหนืด (thicken milk) ผลิตภัณฑ์ชาและกาแฟเพิ่มความข้นหนืด (thicken tea or thicken coffee) น้ำดื่มเพิ่มความข้นหนืด (thicken water) และน้ำผลไม้เพิ่มความข้นหนืด (thicken fruit juice) หรือผู้ป่วยอาจเติมผงเพิ่มความข้นหนืด (thicken powder) ที่ทำจากแป้งหรือไฮโดรคอลลอยด์ตามสัดส่วนที่กำหนดข้างฉลากในเครื่องดื่มหรืออาหารที่ต้องการเพิ่มความข้นหนืด ผลิตภัณฑ์เพิ่มความข้นหนืดสามารถจำแนกตามความข้นหนืดได้ 4 ระดับ ได้แก่ 1. ความข้นหนืดระดับต่ำ (thin) 2. ความข้นหนืดระดับน้ำเชื่อม (nectar-like) 3. ความข้นหนืดระดับน้ำผึ้ง (honey-like) และความข้นหนืดระดับสูง (spoon-thick) (American Dietetic Association recommendations , 2000) ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เพิ่มความข้นหนืดนิยมบอกระดับเพิ่มความข้นหนืดบนฉลากเพื่อให้ผู้บริโภคเลือกระดับเพิ่มความข้นหนืดที่เหมาะสมกับตนเอง ซึ่งระดับความข้นหนืดที่เหมาะสมของแต่ละบุคคลทราบได้จากการเข้ารับการปรึกษาโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีปัญหาเรื่องการกลืนมากควรบริโภคผลิตภัณฑ์เพิ่มความข้นหนืดระดับน้ำผึ้งหรือระดับสูง ขณะที่ผู้ที่มีปัญหาเรื่องการกลืนไม่มากอาจบริโภคผลิตภัณฑ์เพิ่มความข้นหนืดระดับความหนืดต่ำหรือระดับน้ำเชื่อม

ตารางที่ 4.8 ระดับความหนืด 4 ระดับตามการจัดจำแนกของ American Dietetic Association Recommendations ปี 2000

Consistency class	Minimum (cP)	Maximum (cP)
Thin	1	50
Nectar-like	51	350
Honey-like	351	1750
Spoon-thick	1750	

นำแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ต่างๆ (rice starch) ต้มในอ่างควบคุมความร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมแป้งข้าวเจ้าต้มสุกในน้ำส้มสายน้ำผึ้งยี่ห้อทิปโก้ โดยเติมแป้งข้าวเจ้าที่ความเข้มข้น 2 % ผสมแป้งข้าวเจ้าและน้ำส้มให้เข้ากัน ปรับอุณหภูมิน้ำส้มเพิ่มความข้นหนืดที่ 25°C และนำไปวัดค่าด้วยเครื่องวัดความหนืด รุ่น RVT (Viscometer Brookfield) Spindle 1, 50 RPM ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเมื่อผสมน้ำส้มสายน้ำผึ้งแบบบรรจุกล่องยี่ห้อทิปโก้

พันธุ์ข้าว	ความหนืด (cP)	ระดับความหนืด
ชัยนาท 1	400	Honey-like
ชัยนาท 2	440	Honey-like
ชัยนาท 3	640	Honey-like
สุพรรณบุรี 1	400	Honey-like
สุพรรณบุรี 3	400	Honey-like
สุพรรณบุรี 60	1760	Spoon-thick
สุพรรณบุรี 90	2000	Spoon-thick
กข 15	1400	Honey-like
กข 31	1200	Honey-like
พิษณุโลก 2	640	Honey-like
ข้าวหอมมะลิ 105	600	Honey-like
ปทุมธานี 1	1040	Honey-like

แป้งข้าวเจ้าต้มสุก (cooked rice starch) จากพันธุ์ข้าวจำนวน 12 สายพันธุ์ เมื่อทดลองผสมกับน้ำส้มสายน้ำผึ้งบรรจุกล่องยี่ห้อทิปโก้ที่ความเข้มข้น 2 % พบว่า สายพันธุ์สุพรรณบุรี 90 มีความหนืดมากที่สุด โดยมีความหนืด 2000 cP และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 มีความหนืดน้อยที่สุด มีความหนืด 400 cP แป้งข้าวหอมมะลิ 105 มีความหนืดไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองหากำลังการพองตัวและการละลาย ซึ่งพบว่าแป้งข้าวข้าวหอมมะลิและแป้งข้าวปทุมธานี 1 มีกำลังการพองตัวและการละลายมาก น้ำส้มสายน้ำผึ้งเพิ่มความข้นหนืดโดยเติมแป้งข้าวเจ้าส่วนใหญ่มีความหนืดในช่วง Honey-like ยกเว้น แป้งข้าวจากสุพรรณบุรี 60 และ 90 มีความหนืดในช่วง Spoon-thick

ตารางที่ 4.10 และ 4.11 แสดงปริมาณความหนืดของน้ำส้มและน้ำสับปะรดเพิ่มความข้นหนืดโดยการเติมแป้งข้าวโพดละลายน้ำเย็นที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าน้ำส้มสดมีความหนืดมากกว่าน้ำส้มกล่องเมื่อไม่มีการเติมแป้งข้าวโพด แต่เมื่อมีการเติมแป้งข้าวโพดน้ำส้มกล่องมีความหนืดมากกว่าน้ำส้มสดมาก เนื่องจากน้ำส้มกล่องโดยทั่วไปมีการเติมสารเพิ่มความข้นหนืด ได้แก่ แซนแทนกัม CMC และกัวกัม เป็นต้น การเติมแป้งข้าวโพดในน้ำผลไม้สำเร็จรูปอาจทำให้เกิดการสร้างเครือข่ายของโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้นของสารเพิ่มความข้นหนืดของน้ำผลไม้และแป้งข้าวเจ้า น้ำส้มและน้ำสับปะรดมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเติมแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 2%

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบความหนืดของน้ำส้มกล่องเพิ่มความข้นหนืดโดยเติมแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวโพดละลายน้ำเย็นที่มีจำหน่ายทั่วไปที่ความเข้มข้น 2% ที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าน้ำส้มกล่องเพิ่มความข้นหนืดโดยเติมแป้งข้าวโพดละลายน้ำเย็นมีความหนืดมากกว่าแป้งข้าวเจ้า

ตารางที่ 4.10 ความหนืดของน้ำส้มที่เติมแป้งข้าวโพดละลายน้ำเย็นความเข้มข้นต่างๆ

แป้งข้าวโพด (%)	น้ำส้มสด		น้ำส้มกล่อง	
	5 °C	25 °C	5 °C	25 °C
0	560±23.09	480±80.00	460±23.09	420±40.00
0.5	780±105.83	600±69.28	660±40.00	520±23.09
1.0	1020±120.00	780±120.00	900±40.00	660±40.00
1.5	1300±151.44	1000±83.27	1340±128.58	940±23.09
2.0	1820±161.66	1220±100.66	2580±417.61	1780±151.44
3.0	ND	ND	ND	5580±40.00

หมายเหตุ: ND = No data

ตารางที่ 4.11 ความหนืดของน้ำสับปะรดที่เติมแป้งข้าวโพดละลายน้ำเย็นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

แป้งข้าวโพด (%)	น้ำสับปะรดสด		น้ำสับปะรดกล่อง	
	5 °C	25 °C	5 °C	25 °C
0	306.67±23.09	253.33±23.09	346.67±23.09	253.33±23.09
0.5	400.00±0.00	280.00±0.00	466.67±23.09	346.67±23.09
1.0	560.00±0.00	400.00±40.00	693.33±23.09	466.67±23.09
1.5	640.00±0.00	520.00±40.00	1066.67±61.10	693.33±46.19
2.0	893.33±83.27	653.33±23.09	2173.33±61.10	1373.33±23.09
3.0	1360.00±40.00	973.33±46.19	ND	ND

หมายเหตุ: ND = No data

4.6 การทดสอบชิม

รูปที่ 4.4 แสดงผลของอุณหภูมิต่อคะแนนความชอบจากการทดสอบชิมน้ำผลไม้เพิ่มความข้นหนืดโดยเติมแป้งข้าวเจ้าละลายน้ำเย็นพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 ที่ความเข้มข้น 1%ในผู้สูงอายุจำนวน 15 คน ซึ่งมีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป พบว่าน้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 5°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบริโภคน้ำผลไม้แช่เย็น ผู้สูงอายุมีความชอบความหนืดของน้ำส้มสดและน้ำสับปะรดกล่องมากกว่าน้ำส้มกล่องและน้ำสับปะรดสด โดยรวมน้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 5°C มีความหนืดมากกว่าน้ำผลไม้ที่ 25°C ผู้สูงอายุมีความชอบโดยรวมในน้ำสับปะรดเพิ่มความข้นหนืดมากกว่าน้ำส้มเพิ่มความข้นหนืด จากการทดลองนักวิจัยและผู้ทดสอบชิมพบว่าน้ำผลไม้ที่เติมแป้งข้าวเจ้าเพิ่มความข้นหนืดมีความขุ่นมากกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่เติมแป้งข้าวเจ้า และมีกลิ่นของข้าวเจ้าซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเติมแป้งข้าวเจ้าในน้ำผลไม้ ผู้ทดสอบชิมรู้สึกฝืดคอและระคายคอเมื่อชิมน้ำผลไม้ที่เติมแป้งข้าวเจ้าซึ่งนักวิจัยจำเป็นต้องทดลองปรับเนื้อสัมผัสของน้ำผลไม้เพิ่มความข้นหนืดให้เป็นที่ต้องการของผู้สูงอายุมากขึ้น

รูปที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิต่อคะแนนความชอบจากการทดสอบชิม