ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาวิธีการผลิตสำรองผงเบื้องต้น

1.1 คุณภาพทางกายภาพด้านการละลายได้ของสำรองผง

จากการทดสอบสมบัติทางด้านการละลายได้ของเครื่องดื่มสำรองผงด้วยกรรมวิธีการผลิตเบื้องต้นและผ่านการบดหยาบและบดละเอียด ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลการละลายได้ของเครื่องดื่มผงชนิดบดหยาบและบดละเอียด

Treatments	Solubility (%)	
	ชนิดบดธรรมดา	ชนิดบดละเอียด
1	81-100	81-100
2	81-100	81-100
3	81-100	81-100
4	0-20	0-20
5	81-100	81-100

จากตารางที่ 6 การละลายของเครื่องดื่มสำรองผงทั้งชนิดบดหยาบและบดละเอียดพบว่าสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า จะมีการละลายได้อยู่ในช่วง 81-100 % ซึ่งจะเป็นช่วงการละลายได้ที่ดีที่สุด และสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที มีการละลายได้อยู่ในช่วง 0-20 % ซึ่งจะเป็นช่วงการละลายได้ที่ไม่ดี

จากการทดสอบการละลายได้ของเครื่องดื่มสำรองผงนั้นจะเห็นว่าสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที จะมีการละลายตัวได้ไม่ดีเมื่อเทียบกับสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า เพราะว่าตัวอย่างดังกล่าวมีการผสมน้ำตาล เมื่ออบแห้งแล้วน้ำตาลจะรวมตัวกับเนื้อสำรองทำให้เมื่อนำมาทดสอบในปริมาณที่เท่ากันของแต่ละตัวอย่างสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที จะมีเนื้อสำรองในปริมาณน้อยมากจึงทำให้มีการละลายตัวได้ไม่ดี ขณะที่ทำการทดสอบการละลายของสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ 100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า ปริมาณของเนื้อสำรองจะมีการละลายได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากอัตราเร็วของผงอาหารที่จะละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และสถานะทางกายภาพของอาหาร โดยการลดขนาดของชิ้นอาหารให้เล็กลงในขนาดที่เหมาะสมจะทำให้อาหารแห้งเกิดการเปียกและละลาย

ตัวได้ดีขึ้น (วริศชนม์, 2546) โดยตัวอย่างที่มีเนื้อสำรองเพียงอย่างเดียวเมื่อทดสอบการละลายจะมีการละลายได้ดี แต่ตัวอย่างที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบอยู่นั้นเกิดการละลายได้ไม่ดี ซึ่งการละลายได้จะแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ประเภทแยมหรือเยลลี่ที่ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด จะมีผลต่อความแข็งแกร่งของโครงสร้าง โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีสูง ปริมาณน้ำในโครงสร้าง จะน้อยทำให้เจลมีลักษณะแข็งและตกผลึก และถ้าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำปริมาณน้ำในโครงสร้างมาก (ไพบูลย์ , 2529)

1.2 คุณภาพทางกายภาพด้านการเกิดเจลของสำรองผง

จากการทดสอบทางด้านการเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดหยาบและบดละเอียด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลการเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดธรรมดาและบดละเอียด

Treatments	การเกิดเจล (%)	
	ชนิดบดหยาบ	ชนิดบดละเอียด
1	81-100	81-100
2	81-100	81-100
3	81-100	81-100
4	0-20	0-20
5	81-100	81-100

จากการทดสอบการเกิดเจลในตารางที่ 7 พบว่า การเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผงทั้งชนิดบดธรรมดาและบดละเอียด สำรองผงที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า มีการเกิดเจลอยู่ในช่วง 81-100 % ซึ่งจะเป็นช่วงที่มีการเกิดเจลได้ดี และสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที มีการเกิดเจลอยู่ในช่วง 0-20 % ซึ่งเป็นช่วงการเกิดเจลได้ไม่ดี

จากการทดลองการเกิดเจลดังกล่าว จะเห็นว่าสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12°Brix นาน 5 นาที จะมีการเกิดเจลได้ไม่ดีเมื่อเทียบกับสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า เพราะว่าตัวอย่างดังกล่าวส่วนใหญ่จะมีน้ำตาลมาจับตัวอยู่ กับเนื้อสำรองจึงทำให้มีเนื้อสำรองอยู่ในปริมาณน้อย การเกิดเจลจึงน้อย แต่การเกิดเจลสำรองที่มีการพองตัว10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า ปริมาณของเนื้อสำรองจะมีการเกิดเจลได้สูง เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวเป็น

เนื้อสำรองเพียงอย่างเดียวจึงทำให้เมื่อทดสอบการเกิดเจลจะเกิดเจลได้ดี เจลมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นตะกอนเบา และชนิดที่เป็นเจลลี่ เจลแบบตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ ส่วนเจลแบบเจลลี่เกิดจากสารอนินทรีย์ หรือสารอินทรีย์ เจลที่เกิดจากสารอินทรีย์จะพบมากในอาหาร สารที่ให้เจลแบบนี้ได้แก่ เจลาติน วุ้น แป้ง เพคติน ฯลฯ อนุภาคที่เกิดเจลอาจมีรูปร่างยาว กลม หรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้(ณรงค์,2538) ซึ่งเจลเป็นสารละลายของพอลีเมอร์ที่มีโมเลกุลเป็นสาย โครงสร้างของเจลเกิดจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์มาเกาะกันเป็นคู่จับรวมกันจนกลายเป็นเจล และมีโมเลกุลของตัวกลาง คือน้ำจะเคลื่อนที่ไม่ได้จึงทำให้เจลมีรูปร่างที่แน่นอน (Crandall and Wicker, 1986) หรืออาจเป็นเพราะปริมาณน้ำในโครงสร้างมีน้อยก็จะทำให้เจลมีลักษณะที่แข็ง แต่ถ้าปริมาณน้ำในโครงสร้างมีมากก็จะทำให้เจลมีลักษณะที่อ่อน(ไพบูลย์,2532) ดังนั้นจึงได้ค่าการเกิดเจลอยู่ในช่วง 81-100 % ซึ่งค่าดังกล่าวมานี้ทำให้สำรองผงแต่ละตัวอย่างไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12° Brix นาน 5 นาที ที่มีการเกิดเจลได้อยู่ในช่วง 0-20 %

1.3 คุณภาพทางกายภาพด้านการคืนตัวของสำรองผง

จากการทดสอบทางด้านการคืนตัวของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดหยาบและบดละเอียด (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลการคืนตัวของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดหยาบและบดละเอียด

Treatments	การคืนตัว (%)	
	ชนิดบดหยาบ	ชนิดบดละเอียด
1	77.49 [a]	84.05 [a]
2	83.99 [a]	93.71 [a]
3	82.25 [a]	89.05 [a]
4	3.13 [a]	3.67 [a]
5	77.77 [a]	77.77 [a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการทดสอบการคืนตัวของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดหยาบและสำรองผงชนิดบดละเอียด พบว่าสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 °Brix นาน 5 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า โดยจากการทดสอบสำรองผงชนิดบดหยาบ พบว่าสำรองที่มีการพองตัว 100% มีค่าการคืนตัวมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.99 เท่า ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเปล่า 5 นาที สำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า และสำรองที่มีการพองตัว 10% มีค่าการคืนตัวลดลง คือมีค่าเท่ากับ 82.25 77.77 และ 77.49 % ตามลำดับ ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 % มีค่าการคืนตัวน้อยที่สุด และจากการทดสอบการคืนตัวของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดละเอียด พบว่าสำรองที่มีการพองตัว 100% มีค่าการคืนตัวมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.71 เท่า ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเปล่า 5 นาที สำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า และสำรองที่มีการพองตัว 10% มีค่าการคืนตัวลดลง คือมีค่าเท่ากับ 89.05 87.84 และ 84.05 % ตามลำดับ ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 เท่า มีค่าการคืนตัวน้อยที่สุดเช่นกัน

จากการทดสอบค่าการคืนตัว พบว่าสำรองที่มีการพองตัว 10% จะมีค่าการคืนตัวใกล้เคียงกับสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้าทั้งชนิดบดหยาบและบดละเอียด ส่วนสำรองที่มีการพองตัว 100 % และสำรองที่ต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที จะมีการคืนตัวได้มากกว่าสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้าทั้งชนิดบดหยาบและบดละเอียด แต่ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมาก และตัวอย่างที่มีค่าการคืนตัวแตกต่างกับทุกตัวอย่างก็คือ สำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งมีค่าการคืนตัวที่น้อยที่สุด ดังนั้นการคืนตัวที่แตกต่างกันของสำรองผงนั้น อาจเป็นเพราะน้ำตาลที่มาจับกับสำรองในสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งเนื้อสำรองจะจับตัวกับน้ำตาลในระหว่างการทำแห้ง เมื่อนำมาทดสอบการคืนตัวกับน้ำจึงทำให้เกิดการคืนตัวได้น้อย หรือในระหว่างการทดสอบการคืนตัวนั้นทิ้งระยะเวลาในการคืนตัวน้อยจนเกินไปก็เป็นได้ ดังนั้นในการปฏิบัติจริงจึงอาจจะต้องเพิ่มระยะเวลาในการคืนตัวในตัวอย่างนี้เพื่อให้เกิดการคืนตัวที่เพิ่มมากขึ้น โดยอาหารที่ผ่านการทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเกิดความเสียหายหรือถูกทำลายได้น้อยกว่าและความสามารถในการดูดคืนน้ำได้เร็วและสมบูรณ์กว่าอาหารที่ผ่านการทำแห้งที่ไม่เหมาะสม (วริศชนม์, 2546) จึงทำให้ความสามารถในการคืนตัวของสำรองแต่ละตัวอย่างมีค่าการคืนตัวที่แตกต่างกันออกไป

1.4 คุณภาพทางกายภาพด้านความหนืดของสำรองผง

จากการทดสอบทางด้านการวัดค่าความหนืดของเครื่องดื่มผงจากสำรองทั้งชนิดบดหยาบและบดละเอียด (ตารางที่ 9)

จากการทดสอบการวัดค่าความหนืดของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดธรรมดาและสำรองผงชนิดบดละเอียด พบว่าสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 5 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า โดยจากการทดสอบการวัดค่าความหนืดของสำรองผงชนิดบดธรรมดา พบว่าสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า มีค่าความหนืดมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.075 Pa.s ส่วนสำรองที่มีการพองตัว 100 % สำรองที่มีการพองตัว 10 % และสำรองที่ต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที มีค่าความหนืดลดลง คือมีค่าเท่ากับ 1.010 0.552 และ 0.365 Pa.s ตามลำดับ ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 Pa.s มีค่าความหนืดน้อยที่สุด และจากการทดสอบการวัดค่าความหนืดของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดละเอียด พบว่าสำรองที่มีการพองตัว 100% มีค่าความหนืดมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.245 Pa.s ส่วนสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า สำรองที่ต้มกับน้ำเปล่า 5 นาที และสำรองที่มีการพองตัว 10% มีค่าความหนืดลดลง คือมีค่าเท่ากับ 1.075 1.051 และ 0.0.782 Pa.s ตามลำดับ ส่วนสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 Pa.s มีค่าความหนืดน้อยที่สุด

ตารางที่ 9 ผลการวัดค่าความหนืดของเครื่องดื่มสำรองผงชนิดบดหยาบและบดละเอียด

Treatments	Viscosity (Pa.s)	
	ชนิดบดหยาบ	ชนิดบดละเอียด
1	0.552 [a]	0.782 [a]
2	1.010 [a]	1.245 [a]
3	0.365 [a]	1.051 [a]
4	0.005 [a]	0.003 [a]
5	1.075 [a]	1.075 [a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการทดสอบค่าความหนืดที่วัดได้นั้นจะเห็นว่าสำรองผงแต่ละตัวอย่างจะมีค่าความหนืดที่สูงและมีค่าที่ใกล้เคียงกับเกือบทุกตัวอย่าง ซึ่งอาจเป็นตัวอย่างสำรองผงนั้นมีการละลายตัวที่ดีโดยผลิตภัณฑ์ที่มีการละลายได้ดีจะมีค่าความหนืดสูง และผลิตภัณฑ์ที่มีการลดขนาดของชิ้นอาหารให้เล็กลง และมีขนาดที่เหมาะสมจะทำให้อาหารมีค่าความหนืดสูงขึ้นอีกด้วย (วริศชนม์, 2546) ยกเว้นสำรองที่ต้มกับน้ำเชื่อม 12 ° Brix นาน 5 นาที ที่มีค่าความหนืดน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะเมื่อทำการละลายตัวอย่างดังกล่าวสิ่งที่ละลายออกมาส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาล และมีเนื้อสำรองในปริมาณน้อย จึงทำให้เมื่อวัดค่าความหนืดจะได้ค่าที่น้อยกว่าสำรองที่มีการพองตัว 10 % และ100 % สำรองต้มกับน้ำเปล่านาน 5 นาที และสำรองผงสำเร็จรูปในทางการค้า การวัดค่าความหนืดนั้นเป็นการวัดค่าความคงตัวสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และยังใช้เป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ออกมาแต่ละการผลิต เพื่อชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าความคงตัวอย่างไร ซึ่งการวัดค่าความคงตัวและค่าความข้นหนืด มีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร คือสามารถชี้ให้เห็นว่าควรเติมส่วนผสมต่างๆ ลงในส่วนประกอบเป็นปริมาณเท่าใด ระยะเวลาและปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะถูกกำหนดโดยค่าความข้นหนืด ซึ่งอัตราการซึมผ่านของความร้อน และค่าความคงตัวจะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้เคียงกัน

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิและชนิดของสารให้ความหวานที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของสำรอง

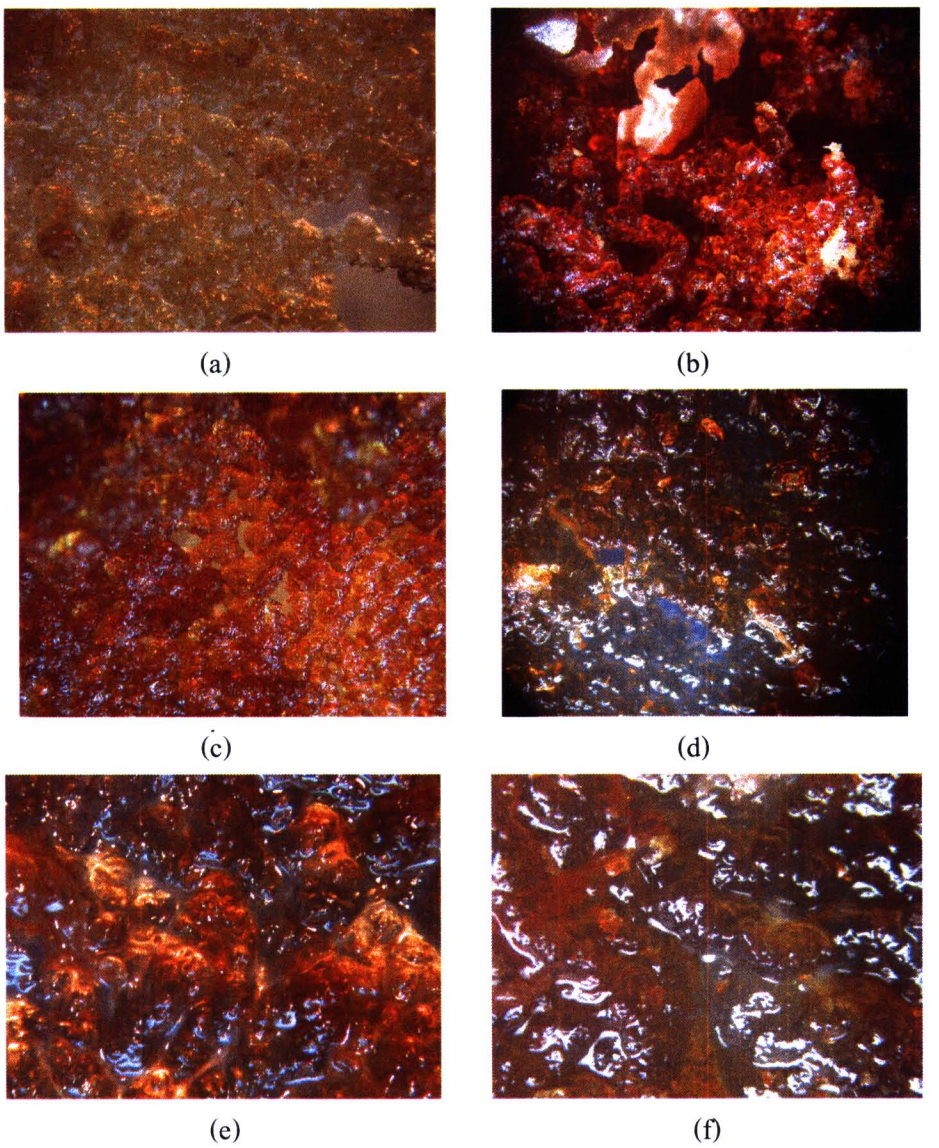
2.1 โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรอง

2.1.1 โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำ

พบว่า ลูกสำรองที่ต้มในน้ำอุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 5 นาที (ภาพที่ 1d) เจลมีการพองตัวคล้ายกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้ามากที่สุด (ภาพที่ 1a) โดยเจลของลูกสำรองสามารถอุ้มน้ำได้ดีมีลักษณะกึ่งเหลวคล้ายวุ้น รูปร่างเจลค่อนข้างชัดเจน และมีสีน้ำตาลอ่อนค่อนข้างใส ในขณะที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 60 °ซ คือ ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (32 °ซ) และ40 °ซ (ภาพที่ 1b และภาพที่ 1c) เป็นเวลา 5 นาที เจลของลูกสำรองสามารถอุ้มน้ำได้น้อย มีลักษณะเจลคล้ายวุ้นกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีรูปร่างเจลเป็นสี่เหลี่ยมเกาะติดกันเป็นแถวสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม ส่วนที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 60°ซ คือลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 และ 100°ซ (ภาพที่ 1e และภาพที่ 1f) เป็นเวลา 5 นาที เจลของลูกสำรองสามารถอุ้มน้ำได้ดีมากและพองตัวจนมีลักษณะคล้ายของเหลว เจลไม่มีรูปร่างที่แน่นอน มีสีค่อนข้างใส

2.1.2 ผลการศึกษาโครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซูโครส และซอร์บิทอล

พบว่า สารให้ความหวานทั้งสองชนิดมีผลทำให้ลูกสำรองมีความสามารถในการเกิดเจลได้น้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า (ภาพที่ 2a) ซึ่งได้ผลดังนี้คือลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิห้องและ 40 °ซ (ภาพที่ 2b และ ภาพที่ 2c) เป็นเวลา 5 นาที เจลจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อย มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลเข้มเกาะติดกันเป็นแถว ในขณะที่ลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิ 60 80 และ 100 °ซ (ภาพที่ 2d , ภาพที่ 2e และ ภาพที่ 2f) ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาเดียวกัน พบว่า โครงสร้างเจลไม่มีความแตกต่างกัน โดยเจลมีลักษณะคล้ายวุ้นกึ่งเหลวกึ่งแข็ง สีน้ำตาลอ่อนค่อนข้างใสเกาะตัวติดกัน และมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากขึ้นตามระดับของอุณหภูมิของสารละลายที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากในการละลายน้ำน้ำตาลจะดูดซับความร้อน ความร้อนยิ่งสูง น้ำตาลจะละลายได้มากขึ้น (ศิริลักษณ์, 2539) เช่นเดียวกับผลสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้ซอร์บิทอลความเข้มข้น 5° Brix พบว่า ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 32°ซ และ40 °ซ (ภาพที่ 3a และ ภาพที่ 3b) เจลที่ได้มีความสามารถในการดูดซับน้ำและพองตัวได้น้อย มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลเข้มเกาะติดกันเป็นแถว และลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้ซอร์บิทอลที่ระดับ 60 80 และ 100 °ซ (ภาพที่ 3d , ภาพที่ 3e และ ภาพที่ 3f) ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาเดียวกันจะให้เจลที่มีลักษณะกึ่งเหลวคล้ายวุ้น เกาะตัวติดกัน สีน้ำตาลอ่อนค่อนข้างใส และมีความ



(a) (b)

(c) (d)

(e) (f)

ภาพที่ 1 โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ เปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

(a) เจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

(b) เจลลูกสำรองในน้ำที่ระดับอุณหภูมิห้อง (32 °ซ)

(c) เจลลูกสำรองต้มในน้ำที่ระดับอุณหภูมิ 40 °ซ

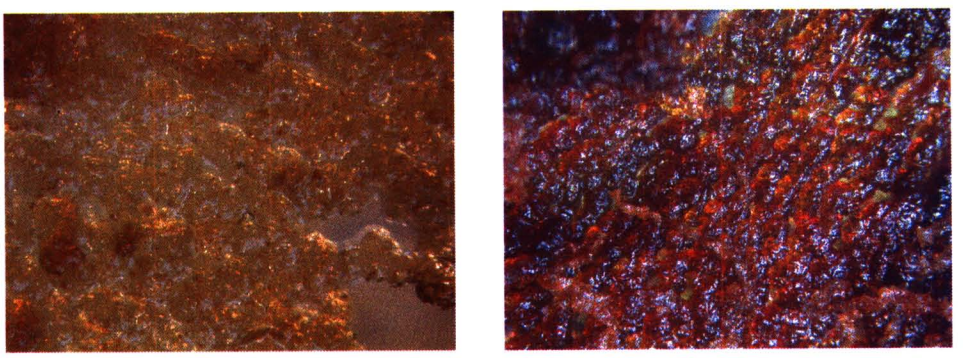
(d) เจลลูกสำรองต้มในน้ำที่ระดับอุณหภูมิ 60 °ซ

(e) เจลลูกสำรองต้มในน้ำที่ระดับอุณหภูมิ 80 °ซ

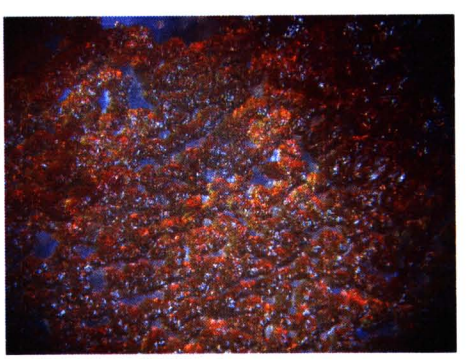
(f) เจลลูกสำรองต้มในน้ำที่ระดับอุณหภูมิ 100 °ซ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ใสของเจลเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิของสารละลายที่เพิ่มขึ้นโดยซอร์บิทอลมีความสามารถในการละลายได้เร็วกว่าน้ำตาลซูโครส ทั้งนี้เพราะมีขนาดของผลึกที่เล็กกว่าผลึกของน้ำตาลซูโครส (ศิริลักษณ์, 2539)



(a) (b)



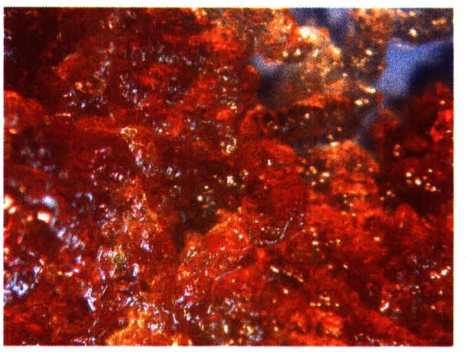
(c)

ภาพที่ 2 โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

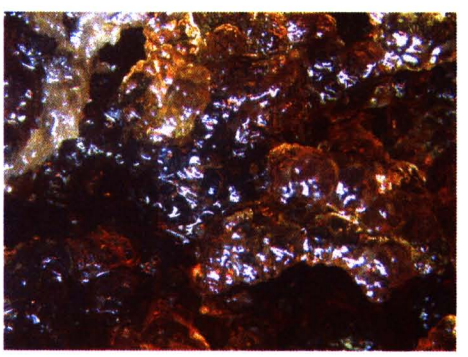
(a) เจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

(b) เจลลูกสำรองในน้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิห้อง (32 °ซ)

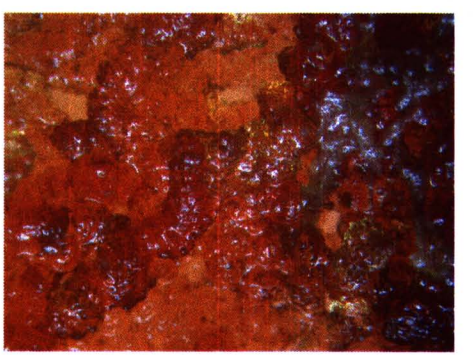
(c) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิ 40 °ซ



(d)



(e)



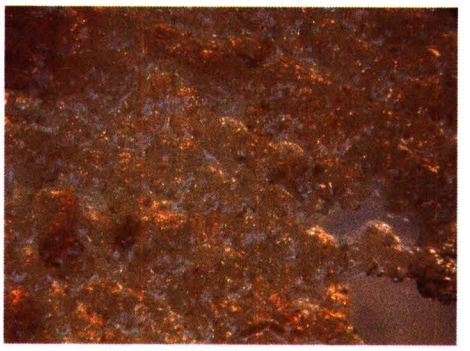
(f)

ภาพที่ 2 (ต่อ) โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

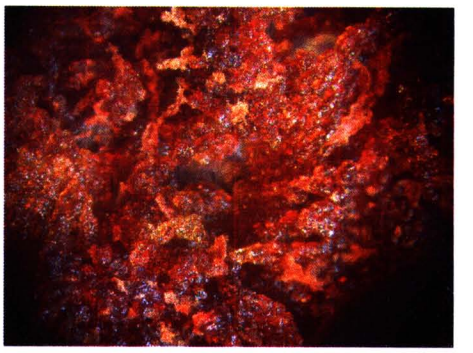
(d) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิ 60 °ซ

(e) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิ 80 °ซ

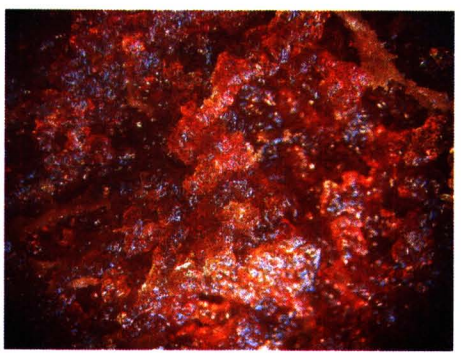
(f) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครสที่ระดับอุณหภูมิ 100 °ซ



(a)



(b)



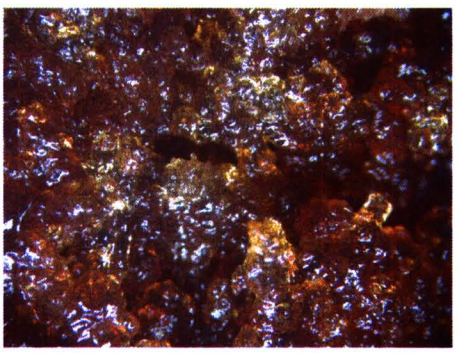
(c)

ภาพที่ 3 โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอล ความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

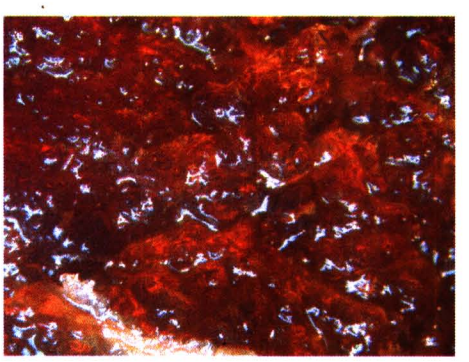
(a) เจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

(b) เจลลูกสำรองในน้ำเชื่อมสารให้ความหวานซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิห้อง (32 °ซ)

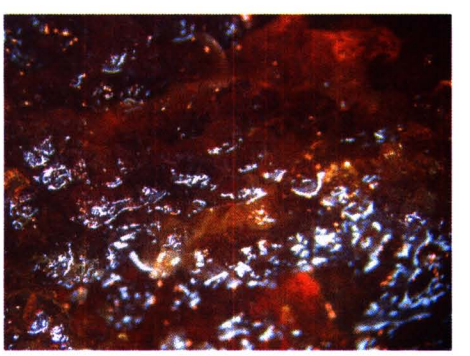
(c) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมสารให้ความหวานซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิ 40 °ซ



(d)



(e)



(f)

ภาพที่ 3 (ต่อ) โครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า

(d) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมสารให้ความหวานซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิ 60°ซ

(e) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมสารให้ความหวานซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิ 80°ซ

(f) เจลลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมสารให้ความหวานซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิ 100°ซ

2.2 ผลค่าความหนืดของลูกสำรอง

พบว่า ลูกสำรองต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 60 °ซ มีค่าความหนืดมากที่สุดคือ เท่ากับ 7.283 Pa.s และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับทุกตัวอย่างการทดลอง ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า 1 มีค่าความหนืดน้อยที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 0.0747 Pa.s และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า 2 ซึ่งมีค่าความหนืด เท่ากับ 0.081 (ตารางที่ 10) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการต้มจะส่งผลให้เจลลูกสำรองมีการดูดซับน้ำ พองตัวดีขึ้น และมีสีที่ใสขึ้น ทั้งนี้เพราะน้ำมีบทบาทต่อการเกิดเจล เนื่องจากลูกสำรองมีสารไฮโดรคอลลอยด์ โมเลกุลในลูกสำรองจะจับตัวกับน้ำ ทำให้เกิดน้ำเกาะติดอยู่มากมาย ซึ่งจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นตาข่ายในสามทิศทาง (อัจฉรา, 2549) และอุ้มน้ำอิสระไว้เรียกว่า “เกิดเจล” มีลักษณะหนืดและยืดหยุ่นทำให้เจลมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงไป จะทำให้โครงสร้างเจลถูกทำลายไม่ยืดหยุ่น เจลที่อุ้มน้ำไว้จะแตกสลายความเป็นเจลจะมีคุณภาพลดลง ส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง

ในขณะที่ลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสพบว่า ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เจลที่ได้จะใสและนุ่มนวล แต่ความสามารถในเกิดเจลมีน้อย ทั้งนี้เพราะน้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเจลโดยทำหน้าที่เป็น dehydration agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย (Crandall and Wicker, 1986) น้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่รอบๆโครงสร้างของเจล ทำให้โครงสร้างเจลเข้ามาใกล้กัน (Oakenfull and Scott, 1984) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้นการเกิดเจลของลูกสำรองจะลดลง เนื่องจากน้ำส่วนใหญ่จะไปละลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเจล จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลลดน้อยลง (Pilgrim et al., 1991) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิความเข้มข้นของน้ำตาลให้สูงขึ้นยังส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย

ส่วนลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานด้วยซอร์บิทอลพบว่า ความหนืดลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะซอร์บิทอลไม่มีคุณสมบัติในการให้ความหนืด (พจนีย์, 2536) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจึงอาจมีผลทำให้น้ำตาลไปขัดขวางการจับตัวของน้ำของลูกสำรอง ทำให้ลูกสำรองจับยึดน้ำได้น้อยและมีความสามารถในการเกิดเจลน้อยลง ทำให้ค่าความหนืดลดลงด้วย

ตารางที่ 10 ค่าความหนืดของลูกสำรองที่ใช้สารให้ความหวานซูโครสและซอร์บิทอล ด้วยอุณหภูมิของการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 5 นาที

Treatments	Viscosity (Pa.s)
ลูกสำรองในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที	^{cde} 4.953 ± 1.26
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{b} 6.809 ± 1.31
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{a} 7.283 ± 0.56
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{de} 4.398 ± 0.20
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{e} 4.092 ± 0.64
ลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที	^{gh} 1.069 ± 0.91
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{de} 4.354 ± 1.74
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{cde} 4.533 ± 0.10
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{bcd} 5.434 ± 0.15
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{bc} 5.634 ± 0.05
ลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที	^{f} 2.958 ± 0.53
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{g} 1.722 ± 0.03
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{g} 1.361 ± 0.01
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{gh} 1.116 ± 0.01
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5^{0}Brix ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	^{gh} 1.057 ± 0.05
น้ำสำรองทางการค้า 1	^{h} 0.0747± 0.01
น้ำสำรองทางการค้า 2	^{h} 0.0817± 0.02

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.3 ผลการคืนตัวของสำรองผง

พบว่า ตัวอย่างสำรองที่ผ่านการอบแห้งแล้ว การคืนตัวที่ดีที่สุด คือ ลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่น โดยที่อุณหภูมิ 60 °ซ จะมีค่าการคืนรูปที่ดีที่สุด คือ อยู่ในระดับ 80 – 100 % รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิห้อง 40 80 และ 100 °ซ ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ซึ่งเป็นผลมาจากที่อุณหภูมิ 60 °ซ เกิดเจลได้แข็งแรงที่สุด มีโครงสร้างเจลที่ดีกว่า เมื่อคืนตัวยังคงมีสภาพเจลดี และละลายน้ำได้เร็ว มีเนื้อสัมผัสนิ่ม ส่วนลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสและสารให้ ความหวานซอร์บิทอลมีค่าการคืนตัวต่างกัน โดยลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครส มีค่าการคืนตัวอยู่ในเกณฑ์ 20–40% และลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอล มีค่าการคืนตัวอยู่ในเกณฑ์ 40 – 60% ผลของลูกสำรองที่ต้มด้วยน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครส พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการต้มเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากในการละลายของน้ำตาลซูโครสจะละลายได้ดีที่อุณหภูมิห้องโดยสามารถละลายได้จนมีความเข้มข้นสูงสุดถึง 66.4% ที่อุณหภูมิ 20 °ซ และ 76.4% ที่อุณหภูมิ 70 °ซ (Brook. 1971) หากเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 100 °ซ จะละลายได้ถึง 82% อัตราเร็วของการละลายของน้ำตาลจะลดลง ขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น (สายสนม และ สิริ, 2539) ทำให้เจลพองตัวได้ไม่เต็มที่ เมื่อนำเจลมาระเหยน้ำออก ทำให้เจลเกิดการหดตัวมาก ทำให้โมเลกุลของเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือ เจลจะหดตัวได้น้อยลงและมีลักษณะกรอบ แสดงว่าโมเลกุลภายในของเจลเกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก เมื่อนำเจลมาละลายน้ำ การพองตัวจะเกิดขึ้นแต่น้อยลงกว่าเดิม ทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น น้ำจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าได้สะดวก (ณรงค์, 2538) ส่วนในสารให้ความหวานซอร์บิทอลมีค่าการละลายดีกว่าน้ำตาลซูโครสเพราะสารให้ความหวานไม่มีคุณสมบัติในการให้ความหนืด (พจนีย์, 2536) เมื่ออุณหภูมิในการต้มเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของสารให้ความหวานไม่ได้เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เมื่อนำมาคืนตัวจึงคืนตัวได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส

ตารางที่ 11 ค่าการคืนตัวของสำรองอบแห้ง

Treatments	ค่าการคืนรูป
ลูกสำรองในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (32 °ซ) เป็นเวลา 5 นาที	++++
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++++
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60 °ซ ปีนเวลา 5 นาที	+++++
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++++
ลูกสำรองต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++++
ลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิห้อง (32 °ซ) เป็นเวลา 5 นาที	++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	+
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	+
ลูกสำรองในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิห้อง (32 °ซ) เป็นเวลา 5 นาที	+++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	+++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	+++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	+++
ลูกสำรองต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 5 นาที	++

หมายเหตุ

+	หมายถึง 0-20%	++++	หมายถึง 60-80%
++	หมายถึง 20-40%	+++++	หมายถึง 80-100%
+++	หมายถึง 40-60%		

3. ศึกษาวิธีการผลิตเบื้องต้นในการผลิตเครื่องดื่มผงจากสำรองโดยใช้สารให้ความหวานอื่นแทนน้ำตาล

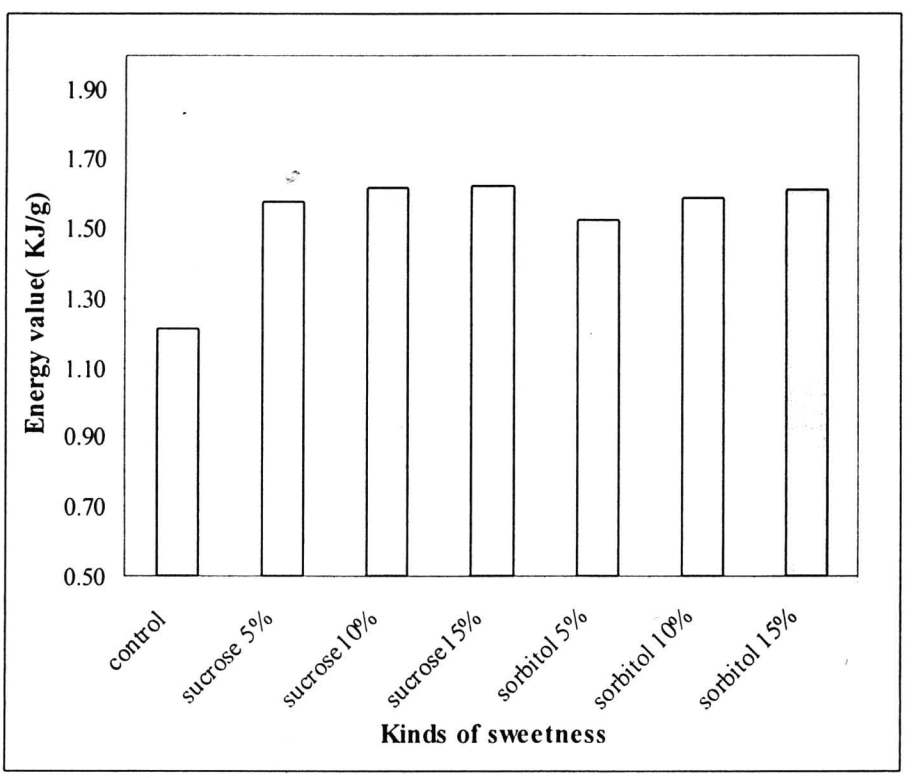
3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานของเครื่องดื่มสำรองผงที่ใช้สารให้ความหวาน

ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานของเครื่องดื่มสำรองผงพบว่า สำรองผงที่ใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 15° Brix มีค่าพลังงานสูงที่สุด คือ 16,224.33 J/g ลำดับที่ 2 คือสำรองผงที่ใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 10° Brix มีค่าพลังงานเท่ากับ 16,134.33. J/g โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 15°Brix ซึ่งมีค่าพลังงานเท่ากับ 16,086.66 J/g ส่วนสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 5°Brix (15,733.00 J/g) และสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 10°Brix (15,864.66 J/g)ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลโครสที่ระดับความเข้มข้น 5° Brix (15,200.33 J/g) และสำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวาน ซึ่งมีค่าพลังงานเท่ากับ 12,131.00 J/g (ตารางที่ 12 และภาพที่ 4) และเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานของสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครส และสารให้ความหวานแทนน้ำตาล กับสำรองผงทางการค้า พบว่า สำรองผงทางการค้ามีค่าพลังงานน้อยที่สุด คือ มีค่าพลังงานเท่ากับ 10,446.66 J/g ดังนั้นการเติมน้ำตาลซูโครสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ลงในสำรองผงจึงช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำรองผงเป็นแหล่งที่ให้พลังงานมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำตาลซูโครสจะมีค่าพลังงานที่มากกว่าสารให้ความหวานแทนน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลซูโครสมีความบริสุทธิ์ถึง 99.5% จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลซูโครสได้โดยน้ำตาลซูโครส 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ (ขนิษฐา และอบเชย, 2544) และสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจัดเป็นสารให้พลังงานประมาณ 60 % ของน้ำตาลปกติ

ตารางที่ 12 ค่าพลังงานของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	Energy (J/g)
ไม่เติมสารให้ความหวาน	12131.000[d]
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	15733.000[c]
น้ำตาลซูโครส 10°Brix	16134.330[ab]
น้ำตาลซูโครส 15°Brix	16224.000[a]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 5°Brix	15200.330[d]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 10°Brix	15864.660[c]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 15°Brix	16086.660[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 ค่าพลังงานของสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

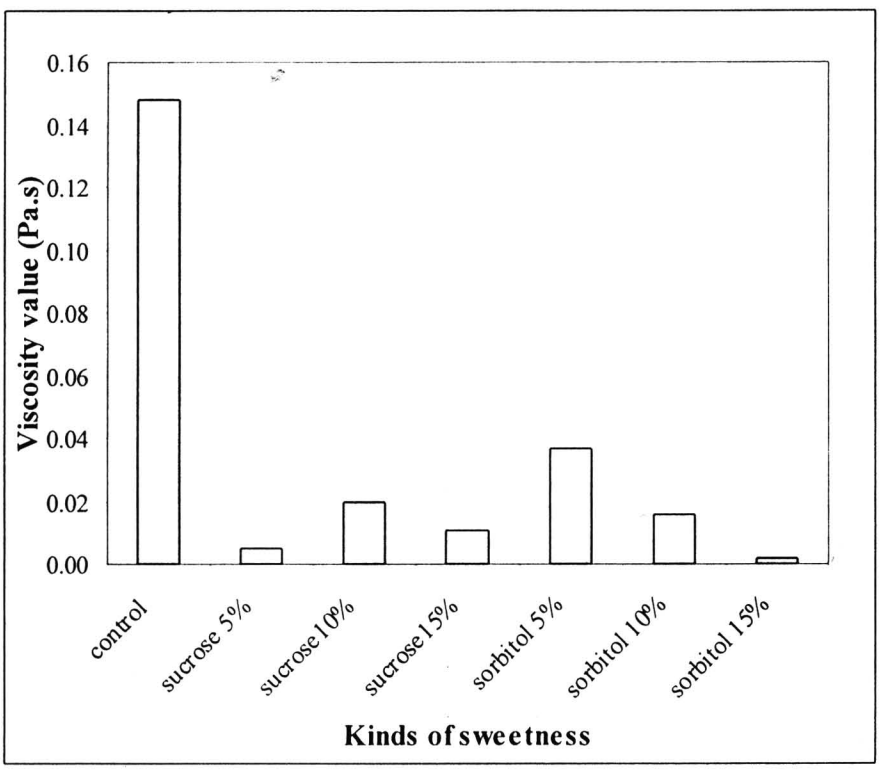
3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของสำรองผง พบว่า ค่าความหนืดของสำรองผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) สำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจะมีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.148 Pa.S ส่วนสำรองผงที่มีค่าความหนืดรองลงมา คือ สำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 5° Brix และสำรองผงที่เติม น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 10° Brix ตามลำดับ ซึ่งสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้นค่าความหนืดก็จะยิ่งลดน้อยลง คือสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 5° Brix มีค่าความหนืดเท่ากับ 0.005 Pa.S ส่วนสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 15° Brix มีค่าความหนืดเท่ากับ 0.001 Pa.S สำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ที่ระดับความเข้มข้น 10° Brix มีค่าความหนืดเท่ากับ 0.016 Pa.S และสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 15°Brix มีค่าความหนืดเท่ากับ 0.002 Pa.S (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 5) และค่าความหนืดของสำรองผลทางการค้ามีค่าเท่ากับ 0.976 Pa.S มีค่ามากกว่าสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานที่ความเข้มข้นสูงค่าความหนืดน้อยลง เนื่องจากสำรองมีคุณลักษณะพิเศษ คือ ที่เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกจะมีสารเมือกอยู่จำนวนมากเมื่อเกิดการพองตัวในน้ำจะมีลักษณะคล้ายวุ้น (นันทวันและอรนุช, 2543) แต่เมื่อเติมสารให้ความหวานลงไปมากๆ การพองตัวของสำรองก็จะพองตัวได้ไม่เต็มที่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากความร้อนและการจับตัวของสารให้ความหวานทำให้เสียความสามารถในการคืนสภาพ ผนังเซลล์สูญเสียความยืดหยุ่นและความเป็นรูพรุน ความสามารถในการดูดน้ำน้อยลง(Brennen, 1994 ; พรพล, 2545) เมื่อไปละลายกับน้ำทำให้สำรองผงพองตัวได้ไม่ดีและเกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน

ตารางที่ 13 ค่าความหนืดของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	Viscosity (Pa.S)
ไม่เติมสารให้ความหวาน	0.148^{a}
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	0.005^{e}
น้ำตาลซูโครส 10°Brix	0.020^{c}
น้ำตาลซูโครส 15°Brix	0.011^{d}
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 5°Brix	0.037^{b}
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล10°Brix	0.016^{cd}
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล15°Brix	0.002^{e}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)



ภาพที่ 5 ค่าความหนืดของสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

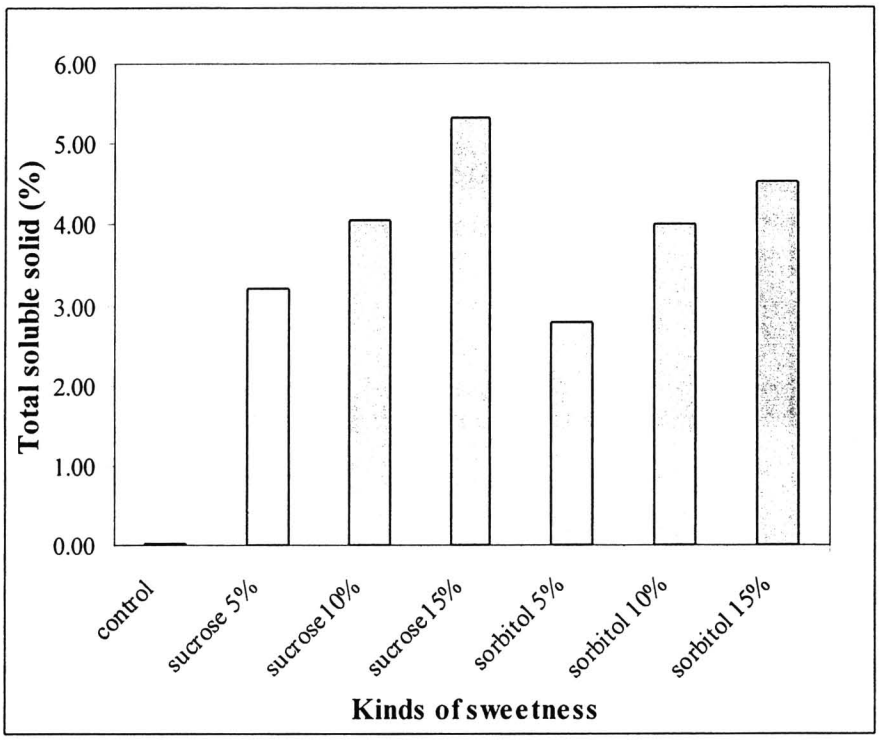
3.3 ผลการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในเครื่องดื่มสำรองผง พบว่า สำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลมีค่า TSS เท่ากับ 0% ส่วนสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 5 10 และ 15° Brix จะมีค่า TSS เรียงจากน้อยไปหามากตามลำดับ คือ 3.20% 4.06% และ 5.33% และสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ที่ระดับความเข้มข้น 5 10 และ15° Brix มีค่า TSS เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก เช่นเดียวกับ สำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครส คือ มีค่าเท่ากับ 2.80% 4.00% และ 4.53% (ตารางที่ 14 และภาพที่ 6) สำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น15° Brix กับสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น10 และ 15° Brix มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ค่า TSS ของสำรองผงที่เติมสารให้ความหวาน มีค่า TSS น้อยกว่าสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสทั้งนี้มีผลมาจากค่าของสารให้ความหวานจะมีค่าความหวาน เท่ากับ 60% ของน้ำตาลซูโครส (Brook, 1971)

ตารางที่ 14 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	TSS (%)
ไม่เติมสารให้ความหวาน	0.000[d]
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	3.200[c]
น้ำตาลซูโครส10°Brix	4.060[b]
น้ำตาลซูโครส15°Brix	5.330[a]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล5°Brix	2.800[c]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล10°Brix	4.000[b]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล15°Brix	4.530[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)



ภาพที่ 6 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

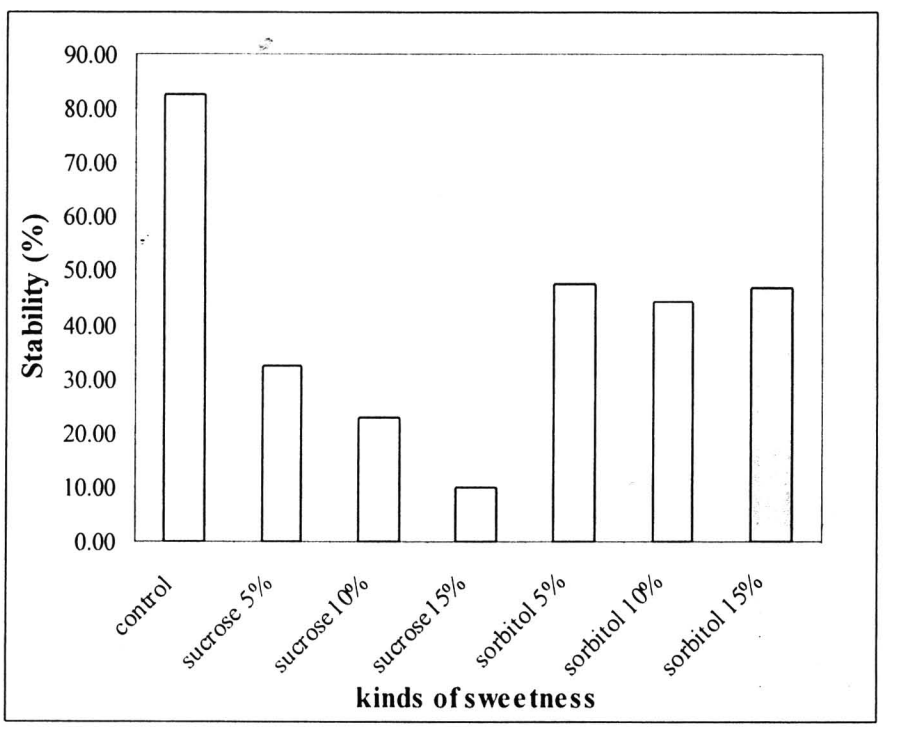
2.3 ผลของความคงตัวของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

ผลการวัดค่าความคงตัวของสำรองผง พบว่า ค่าความคงตัวของสำรองผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสำรองผงที่มีค่าความคงตัวสูงสุด คือ สำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 82.5% (ตารางที่ 15 และภาพที่ 7) จะเห็นได้ว่าสำรองผงแต่ละสิ่งทดลองจะมีค่าการคงตัวไม่ถึง 100% แม้แต่สำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ก็ยังมีค่าการคงตัวเพียง 82.5% เนื่องจากว่าในการทำอาหารให้แห้งนั้นอาหารจะสูญเสียความสามารถในการคงตัว ทำให้ได้อาหารที่มีลักษณะไม่เหมือนเดิมทั้งนี้เนื่องมาจากผนังเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่น สตาร์ชและโปรตีนสูญเสียความสามารถในการดูดน้ำ (Brennen, 1994) และเมื่อเติมสารให้ความหวานในปริมาณและชนิดของสารให้ความหวานที่แตกต่างกันจึงส่งผลให้ค่าการคงตัวของสำรองผงแตกต่างกันไปด้วย

ตารางที่ 15 ค่าการคงตัวของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	Stability (%)
ไม่เติมสารให้ความหวาน	82.500[a]
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	32.500[c]
น้ำตาลซูโครส 10°Brix	23.000[d]
น้ำตาลซูโครส 15°Brix	10.000[e]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 5°Brix	47.500[b]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 10°Brix	44.333[b]
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 15°Brix	46.833[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)



ภาพที่ 7 ค่าการคงตัวของสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

3.4 การละลายได้ของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

ผลของการวัดค่าการละลายของเครื่องดื่มสำรองผง พบว่าสำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจะมีความสามารถในการละลายได้ดีมาก คือ ละลายได้ถึง 81-100% ส่วนสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในระดับความเข้มข้นต่างๆจะความสามารถในการละลายอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ 41-60% (ตารางที่ 16) สาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการละลายได้ของสำรองผงระหว่างสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลและไม่เติมสารให้ความหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง เนื่องจากอุณหภูมิและความสามารถในการละลายของน้ำตาลและสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่เติมลงในสารองผงมีคุณสมบัติในการละลายได้เพียง 30-80% (ขนิษฐา และอบเชย, 2544) ปริมาณการละลายได้ของน้ำตาลจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งการละลายได้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ขนิษฐา และอบเชย, 2544) ถ้าใช้อุณหภูมิในการละลาย 90-100°C สำรองผงก็จะมีความสามารถในการละลายอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือ เท่ากับ 81-100% แต่ถ้าใช้อุณหภูมิที่ 28-30°C การละลายก็จะอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ เท่ากับ 41-60% (ขนิษฐา และอบเชย, 2544)

ตารางที่ 16 ผลการละลายของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	Solubility
ไม่เติมสารให้ความหวาน	+++++
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	+++
น้ำตาลซูโครส10°Brix	+++
น้ำตาลซูโครส15°Brix	+++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 5°Brix	+++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 10°Brix	+++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 15°Brix	+++

หมายเหตุ + = ไม่ดี (0-20%) ++ = พอใช้ (21-40%)
+++ = ปานกลาง (41-60%) ++++ = ดี (61-80%)
+++++= ดีมาก (81-100%)

3.5 ผลการเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

จากการวัดค่าการเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผง พบว่า สำรองผงที่ไม่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจะมีความสามารถในการเกิดเจลดีมาก คือ มีค่าการเกิดเจลถึง 81-100% ส่วนสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 5 10 และ 15°Brix จะมีการเกิดเจลในอัตราส่วนที่แปรผกผันกับระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาล คือ ที่ระดับความเข้มข้น 5°Brix สำรองผงจะเกิดเจลได้อยู่ในช่วง 61-80% แต่ถ้าเติมน้ำตาลซูโครสและ สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 15°Brix สำรองผงจะมีค่าการเกิดเจลลดลงในช่วง 21-40% เท่านั้น (ตารางที่ 17) ส่วนความสามารถในการเกิดเจลของสำรองนั้น เนื่องมาจากในลูกสำรองจะประกอบไปด้วย gum และ mucilage ซึ่งเป็น Polysaccharide สายยาว เมื่อเกิดการรวมตัวกับน้ำจะมีความสามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงร่างตาข่าย ทำให้เกิดลักษณะของเจลขึ้นได้ (นันทวัน และอรนุช, 2543)

ตารางที่ 17 การเกิดเจลของเครื่องดื่มสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน

Treatments	การเกิดเจล
ไม่เติมสารให้ความหวาน	+++++
น้ำตาลซูโครส 5°Brix	++++
น้ำตาลซูโครส 10°Brix	++
น้ำตาลซูโครส 15°Brix	++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 5°Brix	++++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 10°Brix	++++
สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 15°Brix	++

หมายเหตุ + = ไม่ดี (0-20%) ++ = พอใช้ (21-40%)
+++= ปานกลาง (41-60%) ++++ = ดี (61-80%)
+++++= ดีมาก (81-100%)

สรุป

1.ผลการศึกษากระบวนการผลิตเบื้องต้น

1.1 ผลการละลายได้และการเกิดเจล พบว่าการเตรียมสำรองให้มีการพองตัว 10% และ 100% สำรองที่ต้มกับน้ำเปล่า 5 นาที ทั้งชนิดบดหยาบและบดละเอียดให้สมบัติในการละลายได้81-100% และการเกิดเจลดีที่สุด

1.2 ผลการคืนตัว และค่าความหนืด พบว่า สำรองที่เตรียมให้มีการพองตัว 100% มีการคืนตัวสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.71% และค่าความหนืดเท่ากับ 1.245 Pa.s

2.ผลการศึกษาโครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรอง

2.1 ผลการศึกษาโครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่น พบว่า ลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 5 นาที มีการพองตัวของเจลคล้ายกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้ามากที่สุด โดยเจลของลูกสำรองสามารถอุ้มน้ำได้ดี มีลักษณะกึ่งเหลวคล้ายวุ้น รูปร่างเจลค่อนข้างชัดเจน และมีสีน้ำตาลอ่อนค่อนข้างใส

2.2 ผลการศึกษาโครงสร้างและการเกิดเจลของลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอล พบว่า สารให้ความหวานทั้งสองชนิดมีผลทำให้ลูกสำรองมีความสามารถในการเกิดเจลได้น้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับเจลของผลิตภัณฑ์น้ำสำรองทางการค้า โดยลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมและใช้สารให้ความหวานซูโครสและซอร์บิทอลความเข้มข้น 5°Brix ที่อุณหภูมิห้อง และ 40 °ซ 5 นาที เจลจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อย ส่วนลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้สารให้ความหวานซูโครสและซอร์บิทอลที่ระดับอุณหภูมิ 60 80 และ 100 °ซ ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาเดียวกัน พบว่า โครงสร้างเจลมีความแตกต่างกันไม่มาก และเจลมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากขึ้นตามระดับของอุณหภูมิของสารละลายที่เพิ่มขึ้น

2.3 ผลการศึกษาการวัดค่าความหนืดของสำรองที่อุณหภูมิและการใช้สารให้ความหวานที่แตกต่าง พบว่า ค่าความหนืดที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60°ซ มีค่าความหนืดมากที่สุด เท่ากับ 7.283 Pa.s รองลงมาคือ ลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 40 ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 80 และ 100°ซ ตามลำดับ ในขณะที่ลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้น้ำตาลซูโครส พบว่า ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนลูกสำรองที่ต้มในน้ำเชื่อมโดยใช้ซอร์บิทอล พบว่า ความหนืดลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

2.4 ผลการศึกษาค่าการคืนรูปของสำรองอบแห้ง พบว่า ค่าการคืนรูปที่ดีที่สุด คือ ลูกสำรองที่ต้มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60°ซ มีค่าการละลายดีที่สุด คือ อยู่ในระดับ 80-100% รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิห้อง 40 80 และ 100 °ซ ตามลำดับ ขณะที่ลูกสำรองที่ต้มในน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลซอร์บิทอลมีค่าการละลายอยู่ในระดับ 20-40% และ 40-60% ตามลำดับ

3. ผลการใช้สารให้ความหวานอื่นแทนน้ำตาลในเครื่องดื่มสำรองผง

พบว่า สามารถใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มสำรองผงได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสำรองผงที่เติมน้ำตาลซูโครสและสำรองผงที่เติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาล พบว่า การใช้สารให้ความหวานที่ระดับความเข้มข้น 5°Brix มีคุณภาพต่างๆใกล้เคียงกับการเติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 5°Brix มากที่สุดซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ให้คุณลักษณะของสำรองผงพร้อมดื่มที่เหมาะสมในด้านคุณค่าการให้พลังงาน ความคงตัว ความสามารถในการละลาย และการเกิดเจล โดยให้ค่าพลังงาน 16120 J/g ค่าความคงตัว 47.50% ความสามารถในการละลายอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ ช่วง 41-60% และความสามารถในการเกิดเจลอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ ช่วง 61-80% ทั้งนี้ การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลจะช่วยลดปัญหาการเกิดโรคต่างๆที่เกิดจากการบริโภคน้ำตาลซูโครสมากเกินไปได้ จึงสามารถผลิตเครื่องดื่มสำรองผงโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นการค้าได้ โดยอัตราส่วนของการบริโภคที่เหมาะสมในทุกระดับความเข้มข้น คือ ชงสำรองผงในน้ำร้อนโดยใช้สำรองผง 1 กรัม ต่อน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย