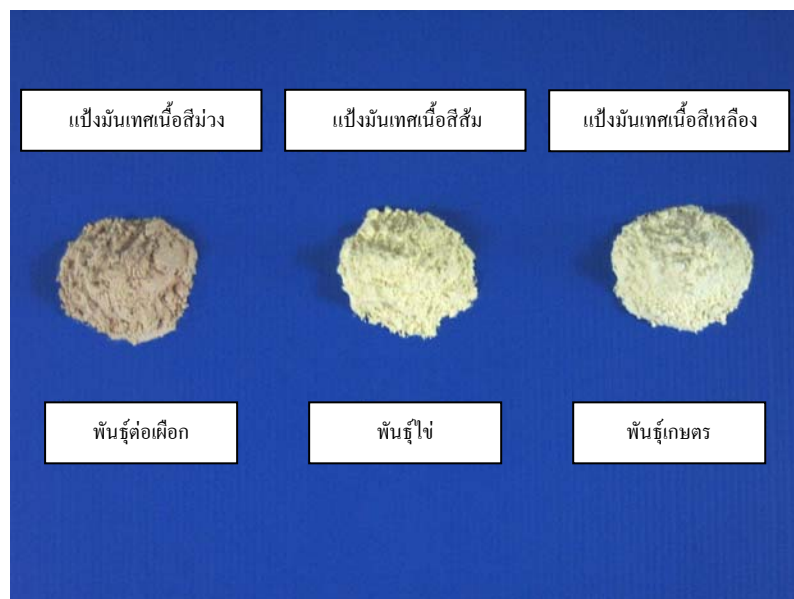


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการเตรียมแป้งมันเทศจากหัวมันเทศสดของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์

จากกระบวนการผลิตแป้งมันเทศดังข้อ 3.6.1 โดยนำมันเทศสดมาล้างทำความสะอาดปอกเปลือก ลดขนาดโดยการหั่นเป็นแผ่นบางแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบประมาณ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีน และทำลายเม็ดแป้ง (Owori and Hagenimana, 2000) จากนั้นนำมันเทศแผ่นแห้งที่ได้มาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช โดยจะได้แป้งมันเทศของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ มันเทศเนื้อสีม่วง (พันธุ์ต่อเผือก) มันเทศเนื้อสีส้ม (พันธุ์ไข่) และมันเทศเนื้อสีเหลือง (พันธุ์เกษตร) ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แป้งมันเทศของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์

นำแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ภาคผนวก ก) (ตารางที่ 4.1) พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.57-7.34 โดยน้ำหนักแห้ง แตกต่างกันไป ทั้งที่ได้มีการผ่านกระบวนการทำแห้งที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความชื้นของวัตถุดิบเริ่มต้นแตกต่างกัน ทำให้ความชื้นของแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์แตกต่างกันไป ส่วนปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม และเนื้อสีม่วงมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 3.31 และ 3.50 โดยน้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีน

ของเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ 4.04 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนของเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าสูงที่สุด และปริมาณโปรตีนของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับปริมาณไขมันในพืชหัวส่วนใหญ่จะมีปริมาณต่ำ (Moorthy, 2002) โดยพบว่าปริมาณไขมันของเป้งมันเทศเนื้อสีส้ม และเนื้อสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 0.29 และ 0.30 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณไขมันของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีปริมาณไขมันสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง สำหรับปริมาณสตาร์ชของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 51.78 และ 51.89 โดยน้ำหนักแห้ง และเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีปริมาณสตาร์ชสูงสุด คือ ร้อยละ 54.30 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณอะมิโลสของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง เนื้อสีส้ม และเนื้อสีเหลือง คือ ร้อยละ 27.28 23.92 และ 21.75 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งพบว่าปริมาณอะมิโลสของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าสูงที่สุด และปริมาณอะมิโลสของเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าต่ำที่สุด โดยผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) และ Brabet และคณะ (1997) ที่พบว่าปริมาณอะมิโลสของเป้งมันเทศเนื้อสีส้มสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลือง และปริมาณ Yield ของเป้งมันเทศแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกันไป โดยมีค่าร้อยละ 25.67-30.17 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงจะให้ปริมาณ Yield สูงที่สุด

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์

ชนิดแป้งมันเทศ	ขนาดอนุภาค (μm)	องค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ²					
		ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	สตาร์ช	อะมิโลส	Yield ¹
มันเทศสีม่วง	9-31	6.57±0.88	3.50±0.97	0.20±0.06	51.78±7.10	27.28±1.14	30.17±3.14
มันเทศสีส้ม	9-31	7.34±0.77	3.31±0.42	0.29±0.08	54.30±6.89	23.92±1.93	25.67±1.04
มันเทศสีเหลือง	8-38	6.86±0.99	4.04±0.83	0.30±0.02	51.89±8.97	21.75±2.14	26.37±1.13

หมายเหตุ

¹ แสดงผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียกคำนวณจาก $\text{Yield} = (\text{น้ำหนักแป้งมันเทศ} / \text{น้ำหนักมันเทศสด}) \times 100$

² ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

เมื่อนำแป้งมันเทศของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ มาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ โดยศึกษา ลักษณะเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน ที่มีกำลังขยาย 1500 เท่า (ภาพที่ 4.5 (PF) 4.6 (OF) และ 4.7 (YF)) พบว่าเม็ดแป้งของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีทั้งกระจายตัวเป็นเม็ด เดี่ยวๆ และเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน นอกจากนี้บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้งมีส่วนของเส้นใยและโปรตีน เกาะเกี่ยวอยู่กับเม็ดแป้ง โดยส่วนใหญ่เม็ดแป้งจะมีรูปร่าง กลม และหลายเหลี่ยม ส่วนรูปไข่ และ ระฆังจะพบเป็นส่วนน้อยซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ เวชยันต์ ธนบดีภัทร (2532) และ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่าแป้งมันเทศโดยส่วนใหญ่จะมีรูปร่างของเม็ดแป้งเป็นลักษณะ กลม หลายเหลี่ยม และรูปไข่ แต่ผลการศึกษาจะสอดคล้องกับ Takeda และคณะ (1986) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศ มีรูปร่างกลม หลายเหลี่ยม รูปไข่ และระฆัง สำหรับขนาดของอนุภาคเม็ดแป้งของมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์จะใกล้เคียงกัน โดยแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีขนาดเม็ดแป้งเท่ากับ 8-38 ไมครอน ส่วนแป้ง มันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มมีขนาดเม็ดแป้งใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 9-31 ไมครอน โดยผล การศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ เวชยันต์ ธนบดีภัทร (2532) Jangchud และคณะ (2003) Walter และคณะ (2000) และ Takeda และคณะ (1986) ที่พบว่าแป้งมันเทศมีขนาดของเม็ดแป้ง ประมาณ 5-25 3-27 3-60 และ 2-72 ไมครอน ตามลำดับ

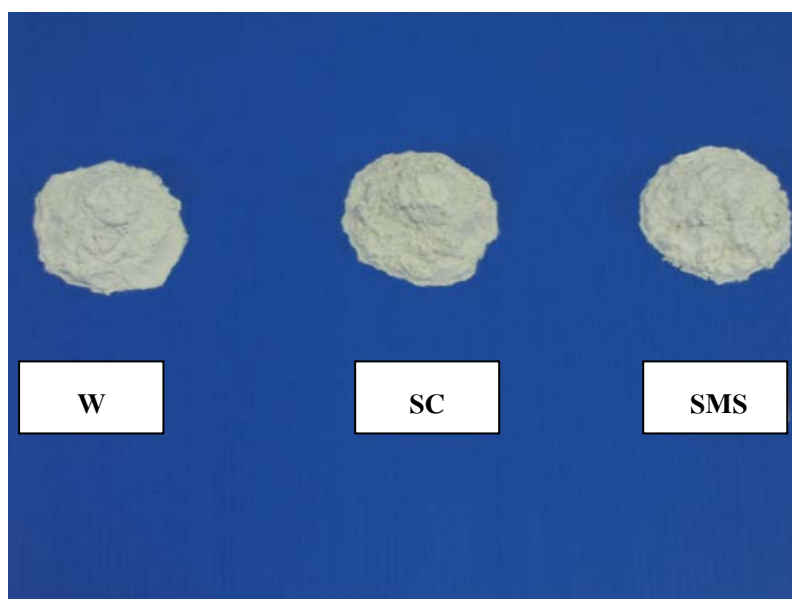
4.2 ศึกษากระบวนการผลิตสตาร์ชมันเทศโดยการทำแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์มี ความบริสุทธิ์มากขึ้น

4.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตสตาร์ชมันเทศจากแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์

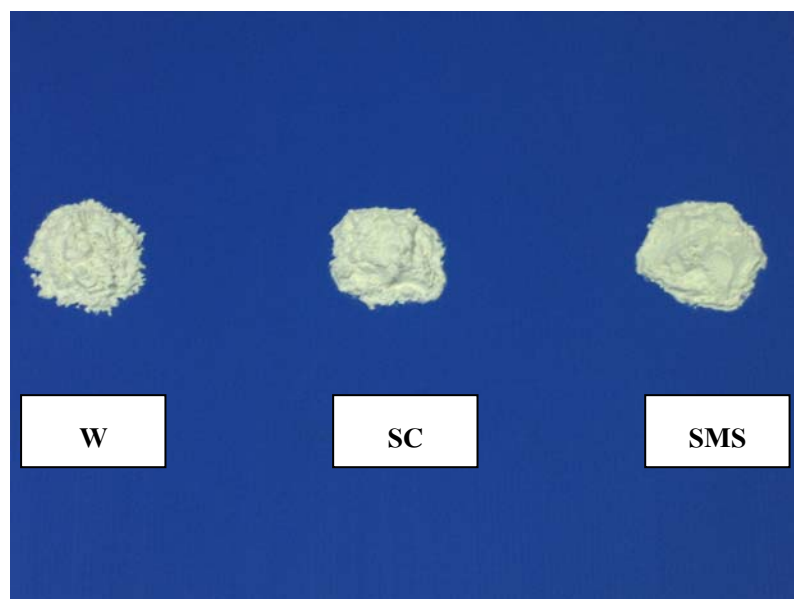
จากกระบวนการผลิตสตาร์ชมันเทศ แสดงในภาพที่ 3.1 ซึ่งจะแยกโปรตีนออกจากแป้งมันเทศโดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, 2540) และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ (Sajeev *et al.*, 2003) โดยใช้อัตราส่วนของแป้งมันเทศต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้ได้สตาร์ชจากแป้งมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ คือสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง เนื้อสีส้ม และเนื้อสีเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 สตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (W: สกัดด้วยน้ำ, SC: สกัดด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และ SMS: สกัดด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์)



ภาพที่ 4.3 สตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (W: สกัดด้วยน้ำ, SC: สกัดด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และ SMS: สกัดด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์)



ภาพที่ 4.4 สตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง (W: สกัดด้วยน้ำ, SC: สกัดด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และ SMS: สกัดด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์)

4.2.2 ศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพบางประการ ของสตาร์ชมันเทศที่สกัดได้จากข้อ 4.2.1 ในสตาร์ชมันเทศแต่ละสายพันธุ์

4.2.2.1 องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพบางประการของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของสตาร์ชที่สกัดได้จากแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง

ชนิดสารเคมี	pH ระหว่างสกัด	องค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ³					
		ความชื้น ^{ns}	โปรตีน ^{ns}	สตาร์ช	อะมิโลส ^{ns}	Yield ^{1, ns}	Protein extraction efficiency ^{2, ns}
H ₂ O	6.15-6.17	10.56±1.37	0.78±0.22	81.14±11.22 ^a	37.15±1.04	68.05±2.82	77.13±5.03
0.1N Na ₂ CO ₃	11.06-11.10	10.42±0.29	0.70±0.17	68.48±12.95 ^b	37.64±1.16	68.44±3.17	79.30±6.02
3.12mMNa ₂ S ₂ O ₅	4.26-4.23	10.03±0.66	0.74±0.17	86.14±9.86 ^a	37.45±0.22	67.74±4.55	78.11±5.46

หมายเหตุ

¹ Yield = (ปริมาณสตาร์ชมันเทศที่สกัดได้ / ปริมาณแป้งมันเทศเริ่มต้น) x 100

² Protein extraction efficiency = (ปริมาณโปรตีนที่ลดลงของสตาร์ชที่ได้จากการสกัด / ปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศ) x 100

³ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

^{abc...} ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

1 ปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของ สตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.2) พบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่ใช้น้ำ และสารเคมีในการสกัด จะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.03-10.56 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 6-16 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นความชื้นโดยทั่วไปของ สตาร์ชที่ผ่านการทำให้แห้งควรมี เนื่องจากถ้าปริมาณความชื้นสูงจะมีผลต่อการถูกทำลายของ สตาร์ชโดยจุลินทรีย์ และทำให้สตาร์ชที่ได้มีคุณภาพต่ำลงได้ (Moorthy, 2002)

2 ปริมาณโปรตีน และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน

ในการสกัดสตาร์ชจากแป้งมันเทศโดยการใช้ น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (ชัยญารณ ศิริเลิศ, 2540) และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ (Sajeev *et al.*, 2003) เพื่อเป็นตัวแทนของสภาวะที่ใช้สกัด หรือ ละลายโปรตีนออกจากแป้งมันเทศ คือ สภาวะกลาง ด่าง และกรด ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 สภาวะนี้จะมี ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่โปรตีนที่สำคัญของมันเทศนั่นก็คือ Sporamin (Ipomoein) (Shewry, 2003) ซึ่งมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 60-80 ของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในมันเทศ (Chai, 1998) เพราะค่า pI หรือค่า pH ที่ทำให้ประจุโดยรวมของโปรตีนมีค่าเท่ากับศูนย์ และทำให้ โปรตีนตกตะกอนมีค่าอยู่ประมาณ 3 (Cherry, 2000) ซึ่งสารเคมีที่เลือกใช้ในการศึกษามีค่า pH มากกว่า 3 ทุกตัว และสาเหตุที่ไม่ใช้สารเคมีที่มีค่า pH ที่ต่ำกว่า 3 เพราะค่าความเป็นกรดที่มากมีผล ต่อการทำลายสตาร์ชทำให้แตกออกเป็นส่วนๆ (Rani, 1998)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.2) พบว่าการ ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ สามารถสกัดโปรตีนออกจากสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงได้มาก ทำให้ปริมาณโปรตีนของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าร้อยละ 0.70 และ 0.74 โดยน้ำหนักแห้ง และ ร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่าร้อยละ 79.30 และ 78.11 โดยน้ำหนักแห้ง แต่น้ำจะ มีความสามารถในการสกัดโปรตีนออกจากแป้งมันเทศได้น้อยกว่าการใช้สารเคมี คือจะมีปริมาณ โปรตีนร้อยละ 0.78 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนร้อยละ 77.13 โดยน้ำหนักแห้ง อาจเนื่องมาจากน้ำมีความหนาแน่นน้อย ซึ่งในการสกัดสตาร์ชจะอาศัยหลักความ หนาแน่นที่แตกต่างกันในการตกตะกอน ถ้าสารละลายที่ใช้ในการสกัดสตาร์ชมีความหนาแน่นสูงก็ สามารถทำให้สตาร์ชดูดซับตัวทำลายเข้าไป ช่วยให้การตกตะกอนของสตาร์ชเพื่อแยกสตาร์ช ออกจากโปรตีนได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำซึ่งมีความหนาแน่นน้อยสามารถแยกโปรตีนออก จากสตาร์ชได้น้อยที่สุด (Guraya *et al.*, 2003) ส่วนสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล สามารถสกัดโปรตีนออกจากแป้งมันเทศได้มากที่สุด เนื่องมาจากที่ค่า pH ที่สูงทำให้ โปรตีนเกิดการเสียสภาพเกิดการเกาะตัวกันมีลักษณะเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ และแข็งตัวเป็น

เจล (นิธิยา รัตนานนท์, 2545) ทำให้แยกชั้นจากสตาร์ชอย่างชัดเจนอยู่ที่ด้านบน และสามารถดึงส่วนของโปรตีนออกได้ง่าย จึงทำให้สามารถสกัดโปรตีนออกจากสตาร์ชได้มากที่สุด ส่วนการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์สามารถสกัดโปรตีนออกจากสตาร์ชได้ เนื่องจากสารประเภทซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถขัดขวางโปรตีนที่อยู่รอบๆเม็ดสตาร์ช โดยทำให้พันธะไดซัลไฟด์ทั้งที่อยู่ใน และระหว่างโมเลกุลของโปรตีนแตกออก จึงสามารถแยกโปรตีนออกจากสตาร์ชได้ (Ji *et al.*, 2004) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ น้ำ และสารเคมีแตกต่างกันในการสกัดสตาร์ช ทำให้ปริมาณโปรตีน และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนของสตาร์ชมันเทศสีม่วงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3 การวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ช

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.2) พบว่าปริมาณสตาร์ชของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่ใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดมีค่าร้อยละ 81.14 และ 86.14 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ในการสกัดสตาร์ชทำให้มีปริมาณสตาร์ชต่ำที่สุด และปริมาณสตาร์ชจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณสตาร์ชที่ใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัด เนื่องจากการใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ซึ่งมีค่า pH สูงจะสามารถไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดิก ซึ่งนับว่าเป็นการทำลายสตาร์ช (Chiou *et al.*, 2002) จึงน่าจะส่งผลต่อปริมาณสตาร์ชที่ได้ทำให้มีค่าน้อยที่สุด

4 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.2) ที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัด พบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีปริมาณอะมิโลสเท่ากับร้อยละ 37.15 37.64 และ 37.45 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

5 ปริมาณ Yield

จากปริมาณ Yield ของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.2) ที่ได้จากการใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัด พบว่ามีปริมาณ Yield อยู่ระหว่างร้อยละ 67.74-68.44 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณ Yield ที่ได้จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณ Yield ของสตาร์ชที่ได้จะมีค่าไม่สูง เนื่องจากการสูญเสียเม็ดสตาร์ชขนาดเล็กที่ปะปนไปกับโปรตีนในช่วงการแยกโปรตีนออกจากสตาร์ช (Sulaiman *et al.*, 1995)

6 ค่าความสว่าง (L)

การวัดค่าความสว่างของสสารไขมันเทศที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสาร โดยค่า L จะเป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง (0 หมายถึงสีดำ และ 100 หมายถึงสีขาว) จากการทดลองวัดค่าความสว่างของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วง (ตารางที่ 4.3) พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสสารจะมีค่าความสว่างสูงที่สุด คือ 88.83 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความสว่างของสสารที่ใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ในการสกัดสสาร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของรงควัตถุในมันเทศเนื้อสีม่วงซึ่งก็คือแอนโทไซยานิน (Harada *et al.*, 2004) โดยสีของแอนโทไซยานินจะถูกฟลอกสีให้จางลงเมื่อมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นจากการมีแอนโทไซยานินคาร์โบเนียมไอออน (Anthocyanin carbonium ion, R^+) เกิดขึ้น และไปทำปฏิกิริยากับซัลไฟต์ทำให้เกิด Chromen-z (หรือ 4)-sulfonic acid ซึ่งไม่มีสี แต่มีโครงสร้างและสมบัติคล้ายกับแอนโทไซยานินคาร์บินอลเบส (Anthocyanin carbinol base) (นิธิยา รัตนปนนท์, 2545) ส่วนค่าความสว่างของสสารที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล มีค่า 87.11 และ 86.38 โดยค่าความสว่างของสสารที่ได้จากการสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล มีค่าต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความสว่างของสสารที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำ

ตารางที่ 4.3 ค่าความสว่างของสสารที่ได้จากการสกัดของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง

ชนิดสารเคมี	ค่าความสว่าง (L) ¹
H ₂ O	87.11±2.58 ^b
0.1N Na ₂ CO ₃	86.38±2.24 ^b
3.12mM Na ₂ S ₂ O ₅	88.83±2.24 ^a

หมายเหตุ

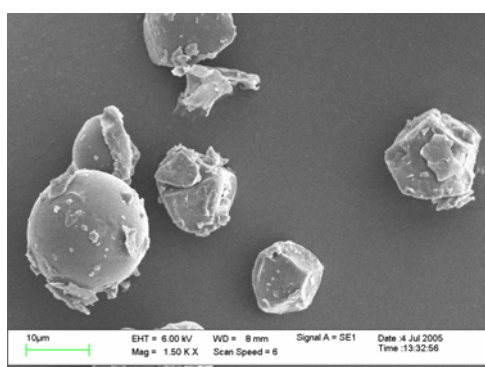
abc... ตัวอักษรกำกับแสดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

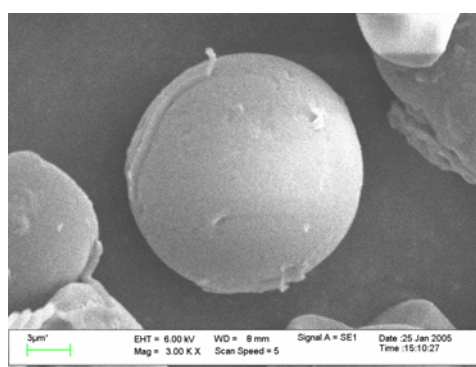
7 การศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

จากการศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่มีกำลังขยาย 3000 เท่า พบว่าสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วง (ภาพที่ 4.5) ที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ มีเม็ดแป้งที่มีความสะอาดมากขึ้น โดยมีสิ่งเจือปนอันหมายถึงเส้น

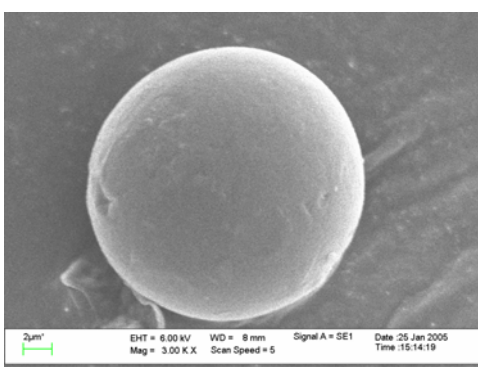
ใย และโปรตีนมาเกาะเกี่ยวน้อยมากหรือแทบจะไม่มี เม็ดแป้งแยกตัวออกเป็นเม็ดเดี่ยวๆมากกว่าเดิม นอกจากนี้ยังพบว่าสสารชั้นนอกเนื้อสีม่วงที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสารช่วยทำให้สสารชั้นนอกมีความบริสุทธิ์มากขึ้นใกล้เคียงกับการใช้น้ำ แต่การใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความเป็นด่างสูงอาจไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดิก ซึ่งจะเป็นการทำลายสสาร (Chiou *et al.*, 2002) โดยอาจส่งผลต่อพื้นผิวของเม็ดแป้งที่ถูกทำลายทำให้ผิวหน้าของเม็ดแป้งมีรอย หรือเม็ดแป้งจะเป็นรอยขรุขระไม่เหมือนกับการใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสารซึ่งเม็ดแป้งที่ถูกทำลายย่อมส่งผลต่อคุณภาพของสสารที่ได้อย่างแน่นอน (Boyaci *et al.*, 2004)



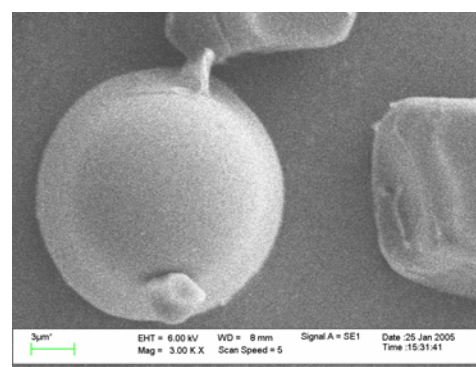
PF



W



SC



SMS

ภาพที่ 4.5 ลักษณะรูปร่างเม็ดแป้งของแป้งมันเทศ และสสารชั้นนอกเนื้อสีม่วง (PF= แป้งมันเทศเนื้อสีม่วง, W=สสารที่ใช้น้ำสกัด, SC=สสารที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอลสกัด และSMS=สสารที่ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์สกัด)

4.2.2.2 องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพบางประการของสสารชั้นนอกเนื้อสีม่วง

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของสตาร์ชที่สกัดได้จากแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม

ชนิดสารเคมี	pH ระหว่างสกัด	องค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ³					
		ความชื้น ^{ns}	โปรตีน	สตาร์ช	อะมิโลส ^{ns}	Yield ^{1, ns}	Protein extraction efficiency ²
H ₂ O	6.15-6.17	10.61±1.58	0.40±0.02 ^{a,b}	85.27±7.16 ^b	38.50±1.30	66.28±1.75	87.68±1.98 ^{a,b}
0.1N Na ₂ CO ₃	11.06-11.10	10.80±1.10	0.49±0.05 ^b	79.51±5.34 ^b	38.03±2.45	66.20±1.51	85.01±3.14 ^b
3.12mMNa ₂ S ₂ O ₅	4.26-4.23	10.40±0.79	0.33±0.07 ^a	95.48±1.46 ^a	37.80±2.51	65.29±0.82	90.06±2.47 ^a

หมายเหตุ

¹ Yield = (ปริมาณสตาร์ชมันเทศที่สกัดได้ / ปริมาณแป้งมันเทศเริ่มต้น) x 100

² Protein extraction efficiency = (ปริมาณโปรตีนที่ลดลงของสตาร์ชที่ได้จากการสกัด / ปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศ) x 100

³ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

^{abc...} ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

1 ปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของสสารไขมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.4) พบว่าสสารไขมันเทศเนื้อสีส้มที่ใช้น้ำ และสารเคมีในการสกัด จะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.40-10.80 โดยน้ำหนักแห้ง และผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (1)

2 ปริมาณโปรตีน และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของสสารไขมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.4) พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสาร ทำให้ปริมาณโปรตีนของสสารไขมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.33 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 90.06 โดยน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประเภทซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถขัดขวางโปรตีนที่อยู่รอบๆเม็ดสสาร โดยทำให้พันธะไดซัลไฟด์ทั้งที่อยู่ใน และระหว่างโมเลกุลแตกออกจึงสามารถแยกโปรตีนออกจากสสารได้ (Ji *et al.*, 2004) แต่พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอลในการสกัดสสาร ทำให้ปริมาณโปรตีนของสสารไขมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าสูงถึงร้อยละ 0.49 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 85.01 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำในการสกัดสสารทำให้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.40 และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 87.68 ซึ่งจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสสารที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล หรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสาร

3 การวิเคราะห์ปริมาณสสาร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสสารของสสารไขมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.4) พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอลในการสกัดสสาร ทำให้มีปริมาณสสารต่ำที่สุด คือร้อยละ 79.51 โดยน้ำหนักแห้ง และการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสสาร ทำให้มีปริมาณสสารมากที่สุดคือร้อยละ 95.48 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (3) และจากการทดลองยังพบว่าการใช้น้ำในการสกัดสสารทำให้มีปริมาณสสาร เท่ากับ ร้อยละ 85.27 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอลในการสกัดสสาร แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสสาร

4 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.4) ที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดพบว่าสตาร์ชจะมีปริมาณอะมิโลส เท่ากับร้อยละ 38.50 38.03 และ 37.80 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และปริมาณอะมิโลสที่ได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (4)

5 ปริมาณ Yield

จากปริมาณ Yield ของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.4) ที่ได้จากการสกัด โดยใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ พบว่าปริมาณ Yield มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 65.29-66.28 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณ Yield ของสตาร์ชที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณ Yield ของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (5) เล็กน้อย

6 ค่าความสว่าง (L)

จากการวัดค่าความสว่างของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ตารางที่ 4.5) ที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสตาร์ชจะมีค่าความสว่าง เท่ากับ 94.74 93.68 และ 95.61 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสตาร์ชจะมีค่าความสว่างสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (6) เนื่องจากมันเทศเนื้อสีส้มมีรงควัตถุคือแคโรทีนอยด์ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูป All-trans ซึ่งจะมีสีเข้มแต่ถ้ามีจำนวนพันธะคู่อยู่ในรูป cis มากขึ้นสีจะจางลง โดยปัจจัยที่จะเปลี่ยนให้ tran กลายเป็น cis นั่นคือ ความเป็นกรด (นิธิยา รัตนูปนันท, 2545) โดยจากการทดลองการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสตาร์ชซึ่งมีสภาวะความเป็นกรดค่อนข้างสูง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความสว่างของสตาร์ชที่ได้จากการสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอลมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (6)

ตารางที่ 4.5 ค่าความสว่างของสตาร์ชที่ได้จากการสกัดของแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม

ชนิดสารเคมี	ค่าความสว่าง (L) ¹
H ₂ O	94.74±0.29 ^b
0.1N Na ₂ CO ₃	93.68±0.07 ^c
3.12mM Na ₂ S ₂ O ₅	95.61±0.03 ^a

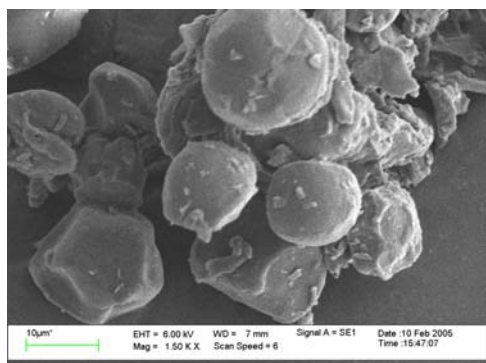
หมายเหตุ

^{abc...} ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

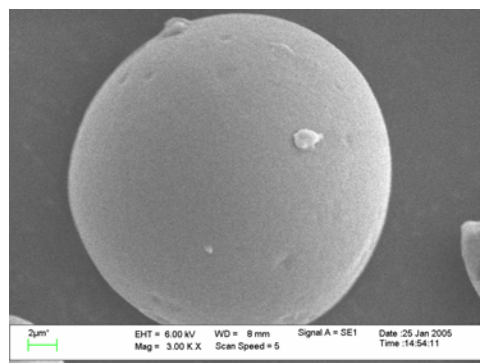
¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

7 การศึกษาลักษณะของเม็คแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

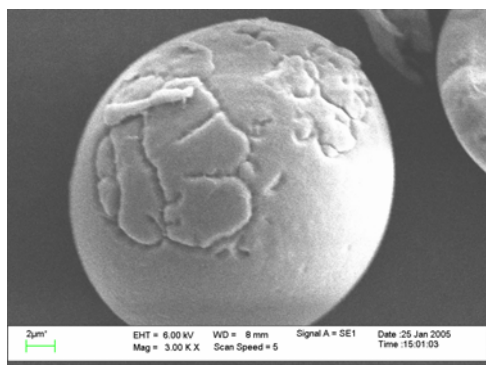
จากการศึกษาลักษณะของเม็คแป้ง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่มีกำลังขยาย 3000 เท่า พบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ภาพที่ 4.6) ที่ได้จากการสกัด โดยใช้ น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ มีเม็คแป้งที่มีความสะอาดมากขึ้น สำหรับการใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสตาร์ชจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกของเม็คแป้งของสตาร์ช แต่การใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จะทำให้ผิวของเม็คแป้งเกิดเป็นรอยแตกมากมาย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (7)



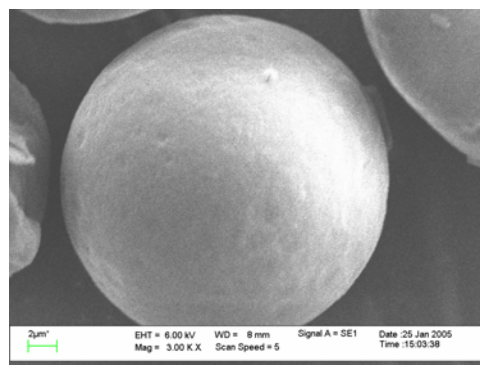
OF



W



SC



SMS

ภาพที่ 4.6 ลักษณะรูปร่างเม็ดแป้งของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (OF= แป้งมันเทศเนื้อสีส้ม, W =สตาร์ชที่ใช้น้ำสกัด, S C =สตาร์ชที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอลสกัด และSMS=สตาร์ชที่ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์สกัด)

4.2.2.3 องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพบางประการของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของสตาร์ชที่สกัดได้จากแป้งมันเทศเนื้อสีเหลือง

ชนิดสารเคมี	pH ระหว่างสกัด	องค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ³					
		ความชื้น ^{ns}	โปรตีน ^{ns}	สตาร์ช ^{ns}	อะมิโลส ^{ns}	Yield ^{1, ns}	Protein extraction efficiency ^{2, ns}
H ₂ O	6.15-6.17	10.27±1.15	0.45±0.11	82.81±11.00	35.04±1.68	62.99±3.88	88.89±1.99
0.1N Na ₂ CO ₃	11.06-11.10	11.07±1.23	0.44±0.18	77.01±3.82	35.74±1.14	63.28±2.66	89.19±2.70
3.12mMNa ₂ S ₂ O ₅	4.26-4.23	10.12±0.31	0.56±0.24	91.00±8.93	35.33±2.91	63.92±2.50	86.45±3.38

หมายเหตุ

¹ Yield = (ปริมาณสตาร์ชมันเทศที่สกัดได้ / ปริมาณแป้งมันเทศเริ่มต้น) x 100

² Protein extraction efficiency = (ปริมาณโปรตีนที่ลดลงของสตาร์ชที่ได้จากการสกัด / ปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศ) x 100

³ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

abc... ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

1 ปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.6) พบว่าสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลืองที่ใช้น้ำ และสารเคมีในการสกัด จะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.12-11.07 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ในข้อ 4.2.2.1 (1) และ 4.2.2.2 (1)

2 ปริมาณโปรตีน และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.6) พบว่าการใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ในการสกัดสสาร ทำให้ปริมาณโปรตีนของสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าร้อยละ 0.45 และ 0.44 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่าเท่ากับร้อยละ 88.89 และ 89.19 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้ำมีความสามารถในการสกัดโปรตีนออกจากแป้งมันเทศน้อยกว่าสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เล็กน้อยเช่นเดียวกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.2.2.1 (2) และการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสารจะสามารถสกัดโปรตีนออกจากสสารได้น้อยที่สุด โดยทำให้โปรตีนของสสารมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.56 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนมีค่าน้อยที่สุดคือร้อยละ 86.45 โดยน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้น้ำ และสารเคมีที่แตกต่างกันในการสกัดสสาร ทำให้ปริมาณโปรตีน และร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนของสสารไขมันเทศสีเหลืองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3 การวิเคราะห์ปริมาณสสาร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสสารของสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.6) พบว่าสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลืองที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสสาร ทำให้มีปริมาณสสารร้อยละ 82.81 77.01 และ 91.00 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และพบว่าการใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ทำให้มีปริมาณสสารต่ำที่สุด โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ในข้อ 4.2.2.1 (3) และ 4.2.2.2 (3) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้น้ำ และสารเคมีที่แตกต่างกันในการสกัดสสาร ทำให้ปริมาณสสารที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนของสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.6) ที่ใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสสาร พบว่าจะมีปริมาณอะมิโนเท่า

กับร้อยละ 35.04 35.74 และ 35.33 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณอะมิโลสที่ได้มีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.2.2.1 (4) และ 4.2.2.2 (4)

5 ปริมาณ Yield

จากปริมาณ Yield ของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.6) ที่ได้จากการสกัดโดยใช้ น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ พบว่าปริมาณ Yield มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 62.99-63.92 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณ Yield ของสตาร์ชที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณ Yield ของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ในข้อ 4.2.2.1 (5) และ 4.2.2.2 (5)

6 ค่าความสว่าง (L)

จากการวัดค่าความสว่างของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง (ตารางที่ 4.7) ที่ใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ในการสกัดสตาร์ชจะมีค่าความสว่างเท่ากับ 95.57 และ 96.16 ซึ่งพบว่าการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสตาร์ชจะมีค่าความสว่างของสตาร์ชมากที่สุด เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.2.2.1 (6) และ 4.2.2.2 (6) อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสตาร์ชจะทำให้มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความสว่างของสตาร์ชที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ในการสกัดสตาร์ช ซึ่งมีค่าความสว่างต่ำที่สุด เท่ากับ 94.49

ตารางที่ 4.7 ค่าความสว่างของสตาร์ชที่ได้จากการสกัดของแป้งมันเทศเนื้อสีเหลือง

ชนิดสารเคมี	ค่าความสว่าง (L) ¹
H ₂ O	95.57±1.32 ^a
0.1N Na ₂ CO ₃	94.49±1.69 ^b
3.12mM Na ₂ S ₂ O ₅	96.16±1.37 ^a

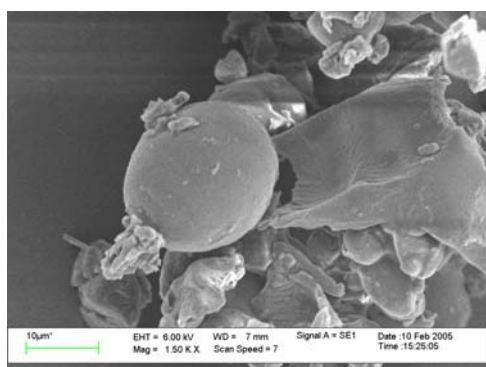
หมายเหตุ

abc... ตัวอักษรกำกับแสดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอง

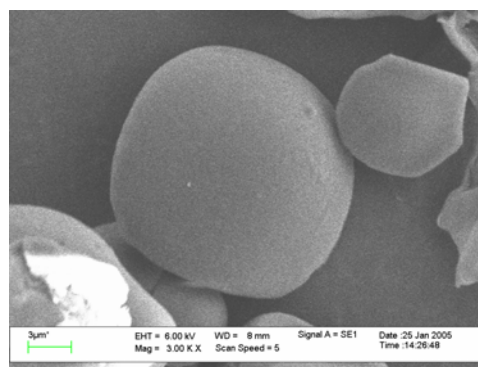
¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± Standard deviation

7 การศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

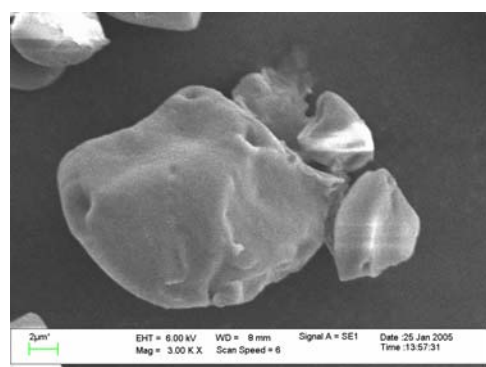
จากการศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน ที่มีกำลังขยาย 3000 เท่า พบว่าสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (ภาพที่ 4.7) ที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ มีเม็ดแป้งที่สะอาดมากขึ้น สำหรับการใช้น้ำ และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์ ในการสกัดสสารไขมันจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกของเม็ดแป้ง แต่การใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จะทำให้ผิวของเม็ดแป้งเกิดเป็นรอยแตกมากมาย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของสสารไขมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.2.2.1 (7) และ 4.2.2.2 (7)



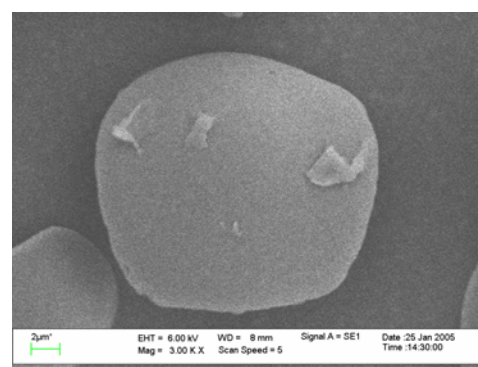
YF



W



SC

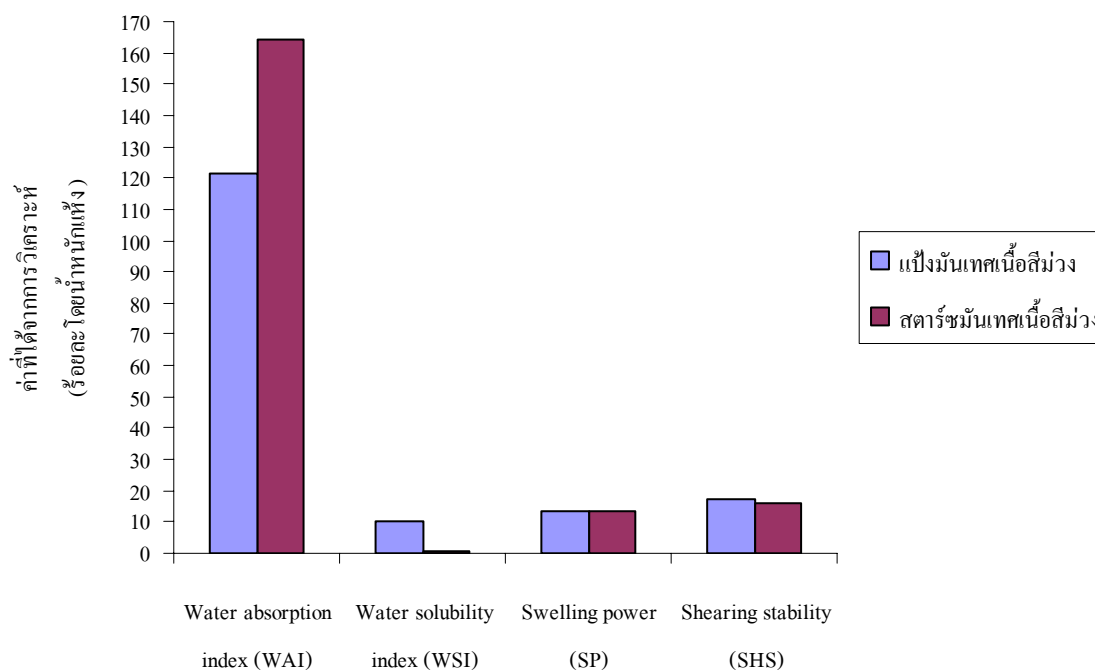


SMS

ภาพที่ 4.7 ลักษณะรูปร่างเม็ดแป้งของแป้งมันเทศ และสสารไขมันเทศเนื้อสีเหลือง (YF= แป้งมันเทศเนื้อสีเหลือง, W=สสารไขมันที่ใช้น้ำสกัด, SC=สสารไขมันที่ใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอลสกัด และ SMS=สสารไขมันที่ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3.12 มิลลิโมลาร์สกัด)

4.3 ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของสตา์รชมันเทศแต่ละสายพันธุ์ที่ได้จากการแยกโปรตีนออกจากแป้งมันเทศโดยใช้ตัวทำละลาย ที่เหมาะสมกับแป้งมันเทศแต่ละสายพันธุ์

4.3.1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการ ของแป้งมันเทศ และสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วง



ภาพที่ 4.8 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของแป้งมันเทศ และสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วง

4.3.1.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วง (ภาคผนวก ข) โดยแสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อละลายแป้ง หรือสตา์รชด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ ค1

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วงพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำกว่าสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 121.57 และ 164.14 โดยน้ำหนักแห้ง เนื่องจากสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วงมีความบริสุทธิ์มากกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง โดยมีส่วนของไขมัน และโปรตีนในปริมาณที่น้อยกว่า ทำให้สามารถสัมผัสกับน้ำได้มากกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ที่มีสิ่งเจือปนต่างๆขัดขวางการดูดซับน้ำเข้าภายในเม็ดแป้ง (จิตรรา เศรษฐอุดม, 2528) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่าสตา์รชมันเทศเนื้อสีม่วงผ่านกระบวนการบด

และกวนผสมมากกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง จึงอาจทำให้เม็ดแป้งของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงแตกหักบางส่วน และสามารถดูดซับน้ำได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำมีค่าสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตลักษณะของเม็ดแป้งของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน พบว่าเม็ดแป้งของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีการแตกหักเล็กน้อยใกล้เคียงกับเม็ดแป้งของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสิ่งเจือปนต่าง ๆ น่าจะมีผลทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง มีค่าน้อยได้มากกว่ากระบวนการบด และกวนผสม

4.3.1.2 ความสามารถในการละลายน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ภาคผนวก ข) โดยแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ ค1

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าร้อยละ 10.06 และ 0.43 โดยน้ำหนักแห้ง เนื่องจากเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีส่วนของแข็งที่ละลายได้อันได้แก่ อะมิโลส น้ำตาลรีดิซิง น้ำตาลที่ไม่ใช่รีดิซิง และเส้นใยที่สามารถละลายน้ำมากกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (Jangchud *et al.*, 2003) เพราะส่วนต่าง ๆ นี้จะถูกกำจัดในขั้นตอนการสกัดสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงบางส่วน จึงทำให้มีปริมาณน้อยส่งผลต่อความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศที่สูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสสูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยมีค่าร้อยละ 28.5 และ 20.4 แต่ค่านี้จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดลองเนื่องจากอุณหภูมิในการละลายน้ำสูงกว่า ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำสูงขึ้น (Osundahunsi *et al.*, 2003; Yadav *et al.*, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Garcia และ Walter (1998) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศ 7 สายพันธุ์ของประเทศเปรูมีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการละลายน้ำ โดยสตาร์ชมันเทศจะมีความสามารถในการละลายน้ำประมาณร้อยละ 10

4.3.1.3 กำลังการพองตัว

การตรวจสอบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (ภาคผนวก ข) โดยกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศจะเป็นปริมาตร หรือน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ณ อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มสารละลายน้ำเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศ (85 องศาเซลเซียส) แสดงผลดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ ค1

เมื่อเปรียบเทียบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีกำลังการพองตัวที่ใกล้เคียงกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยกำลังการพองตัว

ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.51 และ 13.37 โดยน้ำหนักแห้ง และยังพบอีกว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง สอดคล้องกับผลการทดลองของ Tian และคณะ (1991) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศมีกำลังการพองตัวอยู่ในช่วงร้อยละ 12.90-39.10 แต่จะมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Walter และคณะ (2000) ที่พบว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชมันเทศ 6 สายพันธุ์ที่มีความชื้นแตกต่างกันมีค่าประมาณร้อยละ 24-34.5 เนื่องจากสายพันธุ์ และสภาวะการปลูกมีผลทำให้กำลังการพองตัวแตกต่างกัน (เวชยันต์ ธนบดีภัทร, 2532) นอกจากนี้กำลังการพองตัวของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงยังมีค่าต่ำกว่าสตาร์ชมันสำปะหลัง และมันฝรั่ง เนื่องจากปริมาณพอลิฟอสเฟตของสตาร์ชมันเทศที่ต่ำกว่า ทำให้ไม่มีแรงผลักดันของประจุลบบริเวณพื้นผิวสตาร์ชที่จะทำให้เกิดการพองตัวที่สูงเช่นเดียวกับสตาร์ชมันสำปะหลัง และมันฝรั่ง (Moorthy, 2002)

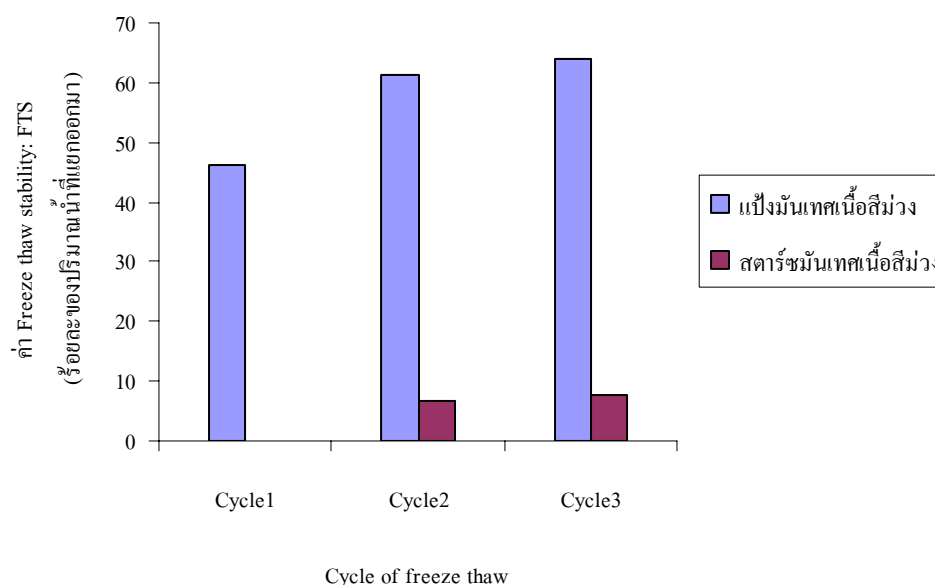
4.3.1.4 ความคงทนต่อแรงเฉือน

การตรวจสอบความคงทนต่อแรงเฉือน (ภาคผนวก ข) เมื่อมีการให้ความร้อนของผสมที่เตรียมจากแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงเข้มข้นร้อยละ 6.67 โดยน้ำหนักแห้งในน้ำไปพร้อมๆกับการกวนที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที พบว่าการกวนจะตัดเม็ดแป้งที่พองตัวบางส่วน ทำให้ความหนืดของของผสมลดลง ความคงทนต่อแรงเฉือนแสดงเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความหนืดหลังการให้แรงเฉือนต่อความหนืดก่อนให้แรงเฉือน แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ ค1

เมื่อเปรียบเทียบความคงทนต่อแรงเฉือนของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความคงทนต่อแรงเฉือนใกล้เคียงกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 17.33 และ 16.20 โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงทนต่อแรงเฉือนคือกำลังการพองตัว โดยถ้ามีกำลังการพองตัวมากหรือพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีความคงทนต่อแรงเฉือนต่ำ เนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะตัดเม็ดแป้งที่พองตัวบางส่วน ทำให้ความหนืดของแป้ง หรือสตาร์ชมันเทศลดลง (Swinkel, 1985) แต่จากผลการทดลองพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีกำลังการพองตัวใกล้เคียงกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงจึงมีความคงทนต่อแรงเฉือนใกล้เคียงกัน

4.3.1.5 ความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย

การทดสอบความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลาย (ภาคผนวก ข) โดยรายงานผลเป็นร้อยละของปริมาณน้ำที่แยกออกมาหลังจากนำของผสมที่เตรียมจากแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส 7 วัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.9 และตารางที่ ค1



ภาพที่ 4.9 ปริมาณ Freeze thaw stability cycle1,2,3 (ร้อยละของปริมาณน้ำที่แยกออกมา) ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำ และผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสโดยเวลา 1 Cycle = 7 วัน

เมื่อเปรียบเทียบความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายที่ดีกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงทั้ง 3 รอบ ของการแช่แข็ง และการละลาย โดยพิจารณาจากร้อยละของน้ำที่แยกออกมาจากแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีมากกว่าคือ ร้อยละ 46.37-63.88 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณน้ำที่แยกออกมาจากสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าร้อยละ 0-7.71 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบ มีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Lee และคณะ (2002) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศของเกาหลีมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบอยู่ในช่วงร้อยละ 32.2-71.3 โดยน้ำหนักแห้ง และยังพบว่าความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืชบางชนิด โดยพบว่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบ ของสตาร์ชถั่ว และสตาร์ชข้าวโพดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 90.1-96 และ 92.3-96.1 โดยน้ำหนักแห้ง (Han and Tyler, 2003) ส่วนสตาร์ชข้าวหอมมะลิจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 33.67-52.55 โดยน้ำหนักแห้ง แต่พบว่าสตาร์ชข้าวเหนียวจะมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายที่สูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบอยู่ในช่วงร้อยละ 0-0.27 โดยน้ำหนักแห้ง (Varavinit *et al.*, 2002) ซึ่งผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากสตาร์ชจากธัญพืชชนิดอื่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และยังพบอีกว่า

สตาร์ชมันสำปะหลังจะมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง โดยมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบอยู่ในช่วงร้อยละ 0-23.8 (Deminate *et al.*, 2001) เนื่องจากมันเทศซึ่งเป็นพืชหัวจะมีฟอสฟอรัสภายในสตาร์ชอยู่ในรูป ฟอสเฟต (Kasemsuwan and Jane, 1995) โดยจะช่วยชะลอการเกิดรีโทรเกรเดชันที่เกิดจากการลด อุณหภูมิระหว่างการแช่แข็ง ซึ่งจะทำให้เกิดการแยกของโมเลกุลน้ำอิสระออกมาจากเจลของ สตาร์ชมันเทศต่ำ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าถ้าเพิ่มจำนวนรอบของการแช่แข็ง และการละลาย ปริมาณ น้ำที่แยกออกมาจะมีมากขึ้นทั้งในแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ สอดคล้องกับ Abera และ Rakshit (2003) ที่พบเช่นเดียวกันในสตาร์ชมันสำปะหลัง และยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chen และคณะ (2003) ที่พบเช่นเดียวกันในสตาร์ชมันเทศของประเทศ จีนพันธุ์ Xushu18 Sushu2 และ Sushu8 อีกทั้งยังพบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงจะมีความคงทนต่อ การแช่แข็ง และการละลายที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ของประเทศจีน และสตาร์ชมัน ฝรั่ง แต่จะใกล้เคียงกับสตาร์ชถั่วเขียว

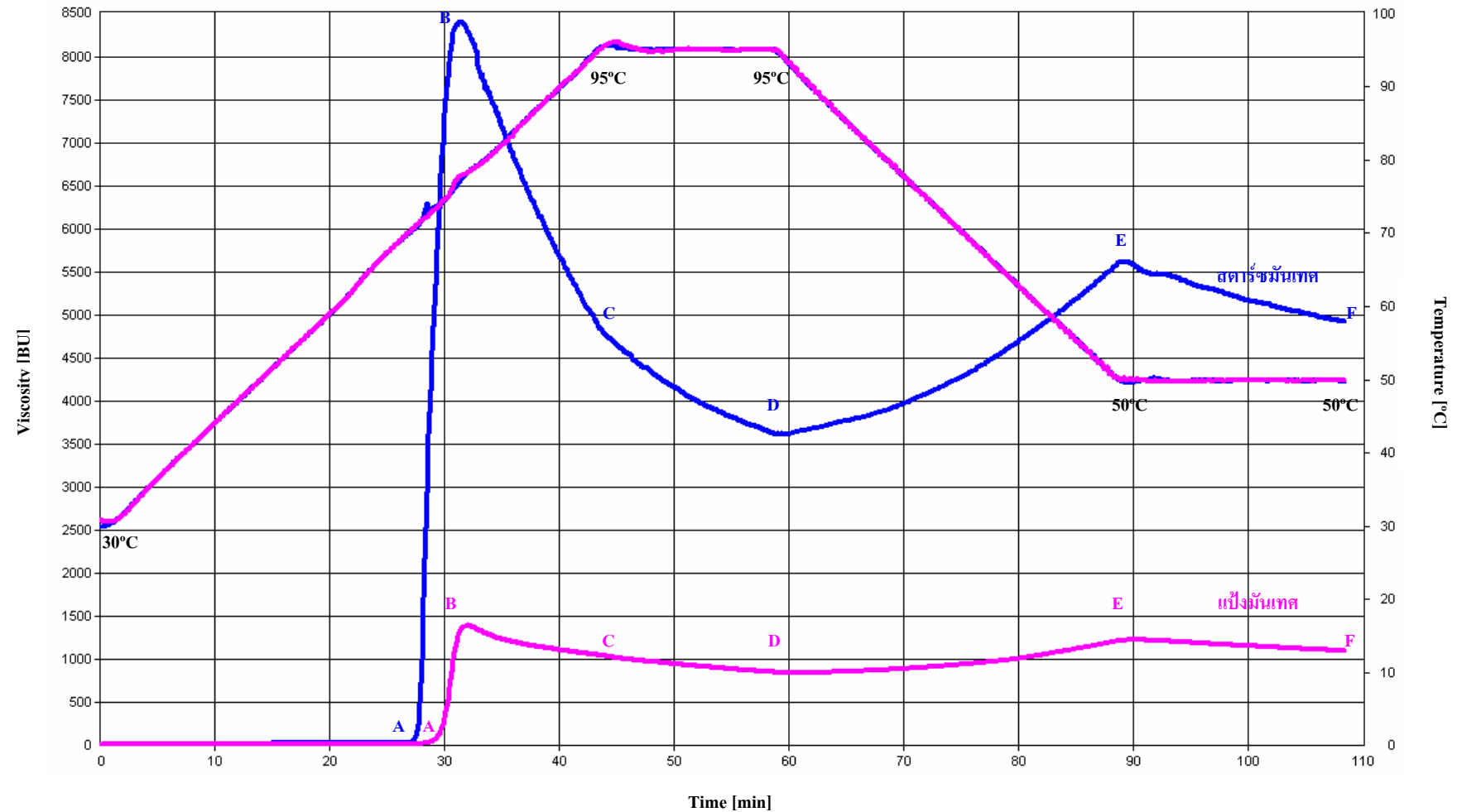
4.3.1.6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสม (Paste) ที่ผ่านการใช้ความร้อนใน ขณะที่มีการกวนด้วยเครื่องบรรเบนด์ โรตอรี วิสโคมิเตอร์

การตรวจสอบคุณสมบัติความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำ (ภาคผนวก ข) โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งมันเทศและ สตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในระหว่างการให้ความร้อน และการทำให้เย็น ติดตามผล และแสดงในรูป กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในหน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.10 และค่าความหนืดที่จุดต่างๆแสดงดัง ตารางที่ 4.8

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง พบ ว่า แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีอุณหภูมิในการเกิดเจลเท่ากับ 73.18 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีค่าเท่ากับ 71.38 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Collado และ Corke (1996) Tian (1996) และ Osundahunsi และคณะ (2003) ที่พบว่าแป้งมันเทศมีอุณหภูมิในการ เกิดเจลสูงกว่าสตาร์ชมันเทศ และอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศอยู่ใน ช่วง 65-90 องศาเซลเซียส ส่วนกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีอุณหภูมิ ในการเกิดเจลในช่วง 74-95 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใกล้เคียงกับผลการทดลองข้างต้นเช่นกัน เนื่อง จากแป้งมันเทศมีส่วนของสิ่งเจือปน เช่น โปรตีนที่อยู่บริเวณพื้นผิวเมล็ดแป้ง (Wannerberger and Eliasson, 1993) ซึ่งปริมาณโปรตีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิในการเกิดเจล (Lim *et al.*, 1999) ทำให้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีอุณหภูมิในการเกิดเจลสูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง นอกจากนี้ ยังพบว่าการมีปริมาณเส้นใยที่สูงของแป้งมันเทศ ส่งผลให้ขัดขวางการส่งผ่านความร้อน และทำให้ การเกิดเจลที่ไบนซ์เลื่อนออกไป (Abera and Rakshit, 2003) จึงทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจล ของ

แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงสูงกว่าสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วง และเมื่อพิจารณารูปแบบของ Brabender Visco-amylagram พบว่าในช่วงแรกให้ความร้อน กราฟยังไม่แสดงความหนืด เนื่องจากเม็ดแป้งของแป้งมันเทศ และสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงพองตัวน้อย จนกระทั่งถึงจุดอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด กราฟจะเริ่มปรากฏความหนืด แสดงว่าเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ โมเลกุลของแป้ง และสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงคูดน้ำมากขึ้นทำให้เม็ดแป้งพองตัวมากขึ้นจนน้ำแป้ง และสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงเกิดความข้นหนืดมากขึ้น (Singh *et al.*, 2005) จนถึงจุดที่เครื่องสามารถวัดได้ โดยมีความหนืดเริ่มต้นที่ 35.75 BU ในแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง และ 34.75 BU ในสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วง และหลังจากจุดที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด พบว่าความหนืดของสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงที่จุดต่างๆ ในช่วงให้ความร้อน และช่วงให้ความเย็นมีค่าสูงกว่าความหนืดของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Jangchud และคณะ (2003) เนื่องจากเม็ดแป้งของสตรัชสามารถดูดซับน้ำสูง และเกิดการพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำบริเวณรอบๆ เม็ดแป้งของสตรัชเหลือน้อยลงทำให้เม็ดแป้งของสตรัชเคลื่อนไหวได้ยากเกิดความหนืดขึ้นมากกว่า (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ พบว่าความหนืดสูงขึ้นจนปรากฏเป็นความหนืดสูงสุด โดยจากการทดลองแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 1494.50 BU ซึ่งสูงกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 460 BU ส่วนความหนืดสูงสุดของสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 8018.00 BU และการที่ความหนืดสูงสุดของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง มีค่าต่ำกว่าสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงเพราะปริมาณโปรตีนที่มีมากกว่าในแป้งมันเทศ จะทำให้ความหนืดสูงสุดมีค่าต่ำ (Guraya *et al.*, 2003; Wannerberger and Eliasson, 1993) นอกจากนี้ความหนืดสูงสุดที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่า (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ดังนั้นแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง จึงมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่าสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วง หลังจากจุดที่มีความหนืดสูงสุด ความหนืดจะลดลงในช่วงให้ความร้อน เนื่องมาจากแรงเฉือนที่เกิดจากการกวนอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการแตกออกของเม็ดแป้ง ในช่วงที่เกิดการพองตัวขณะให้ความร้อนที่มากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้น (Yadav *et al.*, 2006) ทำให้แรงยึดเหนี่ยวของพันธะภายในน้อยลง หรือถูกทำลายจึงทำให้ความหนืดต่ำลง (Jangchud *et al.*, 2003) โดยพบว่าความแตกต่างของความหนืดในช่วงเริ่มต้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และจุดสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงต่ำกว่าสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Gel consistency ของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความสม่ำเสมอมากกว่าสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วง และเมื่อทำให้เย็นโดยลดอุณหภูมิจนถึง 50 องศาเซลเซียส พบว่าความหนืดของแป้งมันเทศ และสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยแป้งมันเทศ และสตรัชมันเทศเนื้อสีม่วงมีความหนืดในช่วงนี้เท่ากับ 1354.00 และ 5381.75 BU ซึ่งค่าความหนืดของแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงจะสูงกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีความ

หนีดในช่วงนี้เท่ากับ 595 BU และเมื่อลดอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที พบว่าความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย คือมีค่า 1212.25 และ 4773.00 BU แต่ยังคงสูงกว่าในช่วงเริ่มต้นให้ความเย็น เนื่องมาจากแนวโน้มการเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยกลุ่มไฮดรอกซิลของเม็ดแป้งที่แตกหัก และโมเลกุลอิสระที่ละลายออกมา โดยเฉพาะโมเลกุลของอะมิโลสที่มีการกระจายตัวไม่เป็นระเบียบสามารถปรับตัว และจัดตัวเองให้มีรูปแบบการเรียงตัวที่ขนานและสร้างการรวมตัวกันของส่วนที่ละลายน้ำได้น้อยทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเจล (Rincon and Padilla, 2004) นอกจากนี้ความหนืดสุดท้ายของแป้งมันเทศมันเทศเนื้อสีม่วงที่ต่ำกว่า ยังบอกถึงแนวโน้มการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำ หรือช้ากว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (Grant, 1998) เมื่อพิจารณาค่า Breakdown ซึ่งบอกถึงความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด พบว่าแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่า Breakdown เท่ากับ 518.75 และ 4487.50 BU ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงสูงกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง เนื่องจากค่า Breakdown ที่สูงกว่าเกิดจากแรงเนื่องจากการกวนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการแตกออกของเม็ดแป้งที่เกิดการพองตัวได้สูง หรือรวดเร็วกว่า สอดคล้องกับความข้นหนืดที่สูงกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่เกิดจากการพองตัวที่สูงกว่าข้างต้น เมื่อพิจารณาค่า Setback ซึ่งค่านี้จะบอกถึงผลต่างของความหนืดที่จุดสิ้นสุดการให้ความเย็นกับจุดเริ่มต้นการให้ความเย็น โดยจากผลการทดลองพบว่าค่า Setback ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีค่าเท่ากับ 375.25 และ 1845.25 BU จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง มีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง เนื่องจากมีค่า Setback ที่ต่ำกว่า (Collado and Corke, 1997) รวมถึงยังแสดงถึงการไม่ยึดติดของแป้งเปียกจากแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ที่มากกว่าแป้งเปียกจากสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง (Muyonga *et al.*, 2001) นอกจากนี้ค่า Setback ยังสัมพันธ์กับปริมาณอะมิโลส โดยพบว่าปริมาณอะมิโลสที่ต่ำทำให้มีค่า Setback ที่ต่ำ (Collado and Corke, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 4.1 และ 4.2 ที่พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมีปริมาณอะมิโลสที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง ทำให้มีค่า Setback ที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง เนื่องจากค่า Setback จะเพิ่มขึ้นเมื่ออะมิโลสละลายออกมาจากเม็ดแป้งที่เกิดการพองตัว ระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting) (Lumdubwong and Seib, 2000) ดังนั้นปริมาณอะมิโลสที่มีมากกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงจึงทำให้มีค่า Setback ที่สูงกว่า นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างปริมาณโปรตีน และค่า Setback (Guraya *et al.*, 2003) จึงทำให้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่ามีค่า Setback ที่ต่ำกว่า



ภาพที่ 4.10 กราฟการตรวจสอบความหนืดของเปกตินมันเทศ และสตาร์ซมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำโดยใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph

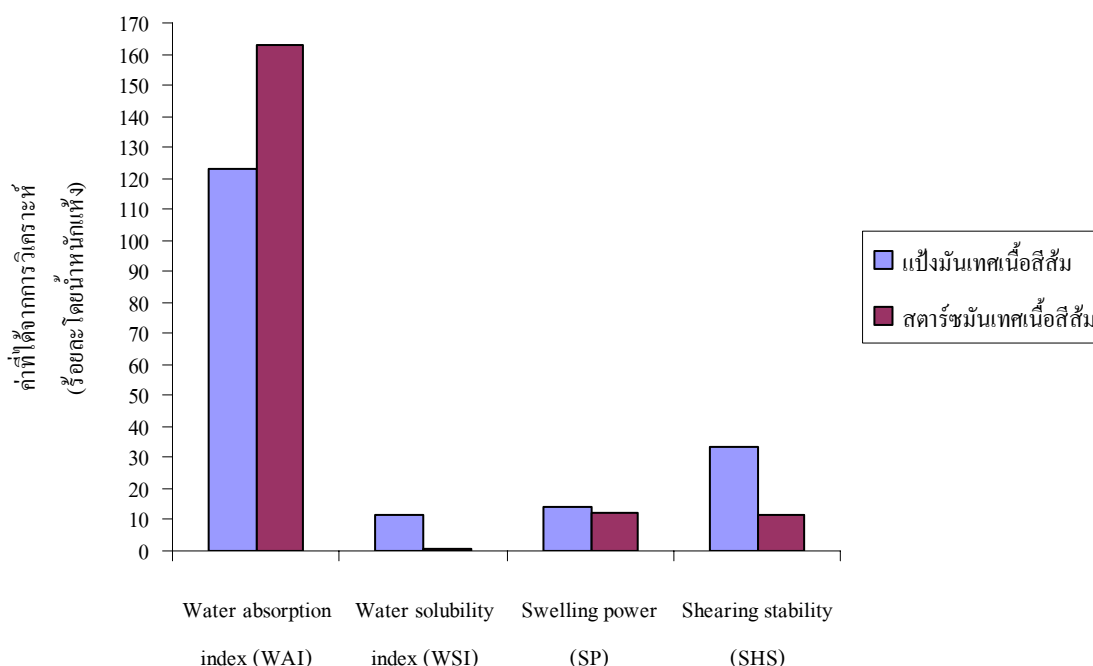
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าบนเส้นโค้งความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brabender Viscoamylograph) ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง

Sample	Gel temp (°C)	Peak temp (°C)	Pasting characteristics (Viscosity: BU) ¹							
			Begin of gel	Peak	Start of hold	Start of cool	End of cool	End of hold	Breakdown	Setback
			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(B-D)	(E-D)
Flour	73.18±1.53	79.70±1.68	35.75±3.20	1494.50±109.83	1234.25±205.87	974.50±131.65	1354.00±159.99	1212.25±121.57	518.75±22.69	375.25±26.47
Starch	71.38±1.66	78.28±1.14	34.75±1.71	8018.00±456.27	4799.00±93.15	3526.50±123.53	5381.75±209.73	4773.00±179.19	4487.50±334.73	1845.25±84.92

หมายเหตุ

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± Standard deviation

4.3.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการ ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม



ภาพที่ 4.11 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม

4.3.2.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ ค2

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.1 โดยความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับร้อยละ 122.93 และ 162.85 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำใกล้เคียงกับแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง

4.3.2.2 ความสามารถในการละลายน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ ค2

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้มจะมีความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม

ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.2 โดยความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 11.69 และ 0.68 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 34.9 และ 20.7 แต่จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดลองเช่นเดียวกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.2 และพบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความสามารถในการละลายน้ำ ใกล้เคียงกับเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ส่วนความสามารถในการละลายน้ำของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง

4.3.2.3 กำลังการพองตัว

การตรวจสอบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม(ภาคผนวก ข) แสดงผลดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ ๔2

เมื่อเปรียบเทียบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มจะพบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีกำลังการพองตัวที่ใกล้เคียงกับสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.3 โดยกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 14.02 และ 12.17 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Walter และคณะ (2000) นอกจากนี้ยังพบว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มจะมีค่าต่ำกว่าสตาร์ชม้นลำปะหลัง และมันฝรั่ง (Moorthy, 2002) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.3 นอกจากนี้ยังพบว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มมีกำลังการพองตัวใกล้เคียงกับเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง

4.3.2.4 ความคงทนต่อแรงเฉือน

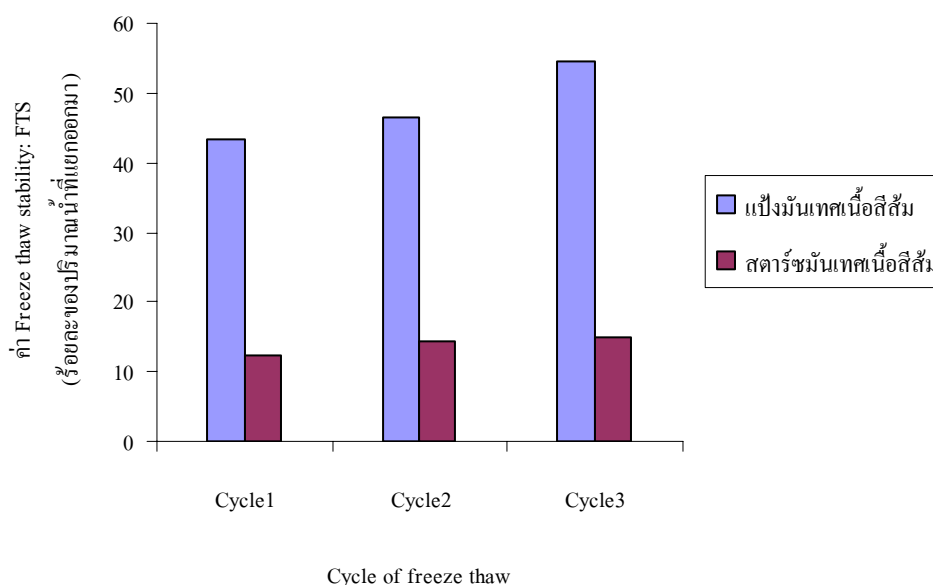
การตรวจสอบความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ ๔2

เมื่อเปรียบเทียบความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มพบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความคงทนต่อแรงเฉือนสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม โดยความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 33.52 และ 13.46 โดยน้ำหนักแห้ง เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีบางประการของเป้งมันเทศ เช่น โปรตีน ไขมัน และเส้นใย ที่จะทำหน้าที่ลดแรงเฉือนที่มีต่อเม็ดแป้งของเป้งมันเทศเนื้อสีส้ม ทำให้เป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความคงทนต่อแรงเฉือนสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม และยังพบอีกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าความคงทนต่อแรงเฉือนสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงอย่างมาก สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากปริมาณสตาร์ชที่สูงกว่าของเป้งมันเทศเนื้อสีส้ม และกำลังการพองตัวที่สูงกว่าเล็กน้อยส่งผลให้เป้งมันเทศเนื้อสีส้มเกิดความเหนียวขึ้นรวดเร็ว ทำให้สารละลายมีความเหนียวมากกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง

และเกิดแรงต้านแรงเหวี่ยงมากกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ทำให้ความรุนแรงของแรงเหวี่ยงลดน้อยลงมากกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ส่งผลให้เมล็ดแป้งที่พองตัวถูกตัดน้อยกว่าทำให้ความหนืดลดลงไม่มากเลยมีความทนทานต่อแรงเหวี่ยงสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ส่วนความทนทานต่อแรงเหวี่ยงของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มจะต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงเล็กน้อย เนื่องจากถึงแม้ว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มจะมีปริมาณสตาร์ชมากกว่า แต่มีกำลังการพองตัวต่ำกว่าทำให้สารละลายที่ได้มีความข้นหนืดต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีกำลังการพองตัวสูงกว่า จึงทำให้แรงเหวี่ยงมีความรุนแรงมาก เนื่องจากความหนืดที่ต่ำของสารละลายไม่สามารถลดแรงเหวี่ยงที่สูงได้จึงทำให้ความหนืดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มลดลงหลังเกิดแรงเหวี่ยงมากกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง ส่งผลให้ความทนทานต่อแรงเหวี่ยงของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงเล็กน้อย

4.3.2.5 ความทนทานต่อการแช่แข็ง และการละลาย

การทดสอบความทนทานต่อการแช่แข็ง และการละลายของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.12 และตารางที่ ค2



ภาพที่ 4.12 ปริมาณ Freeze thaw stability cycle1,2,3 (ร้อยละของปริมาณน้ำที่แยกออกมา) ของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำ และผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสโดยเวลา 1 cycle = 7 วัน

เมื่อเปรียบเทียบความทนทานต่อการแช่แข็ง และการละลายของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความทนทานต่อการแช่แข็ง และการละลายที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มทั้ง 3 รอบของการแช่แข็ง และการละลาย ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้อง

กับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.5 โดยปริมาณน้ำที่แยกออกมาบ่งบอกถึงความไม่คงทนต่อการแช่แข็ง และการละลาย ซึ่งเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาอยู่ระหว่างร้อยละ 43.42-54.57 และ 12.25-14.88 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มระหว่างการแช่แข็ง และการละลายทั้ง 3 รอบมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Lee และคณะ (2002) และยังพบว่าความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืชบางชนิด เช่น สตาร์ชถั่ว และสตาร์ชข้าวโพด (Han and Tyler, 2003) และสตาร์ชข้าวหอมมะลิ แต่จะมีค่าต่ำกว่าสตาร์ชข้าวเหนียว (Varavinit *et al.*, 2002) อีกทั้งยังมีค่าสูงกว่าสตาร์ชมันสำปะหลัง (Deminate *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.5 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าถ้าเพิ่มจำนวนรอบของการแช่แข็ง และการละลาย ปริมาณน้ำที่แยกออกมาจะมีมากขึ้นทั้งในเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มสอดคล้องกับผลการทดลองของ Abera และ Rakshit (2003) อีกทั้งยังพบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มจะมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ของประเทศจีน สตาร์ชมันฝรั่ง และสตาร์ชถั่วเขียว (Chen *et al.*, 2003) และพบว่าความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีแนวโน้มสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วงส่วนความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีแนวโน้มต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง

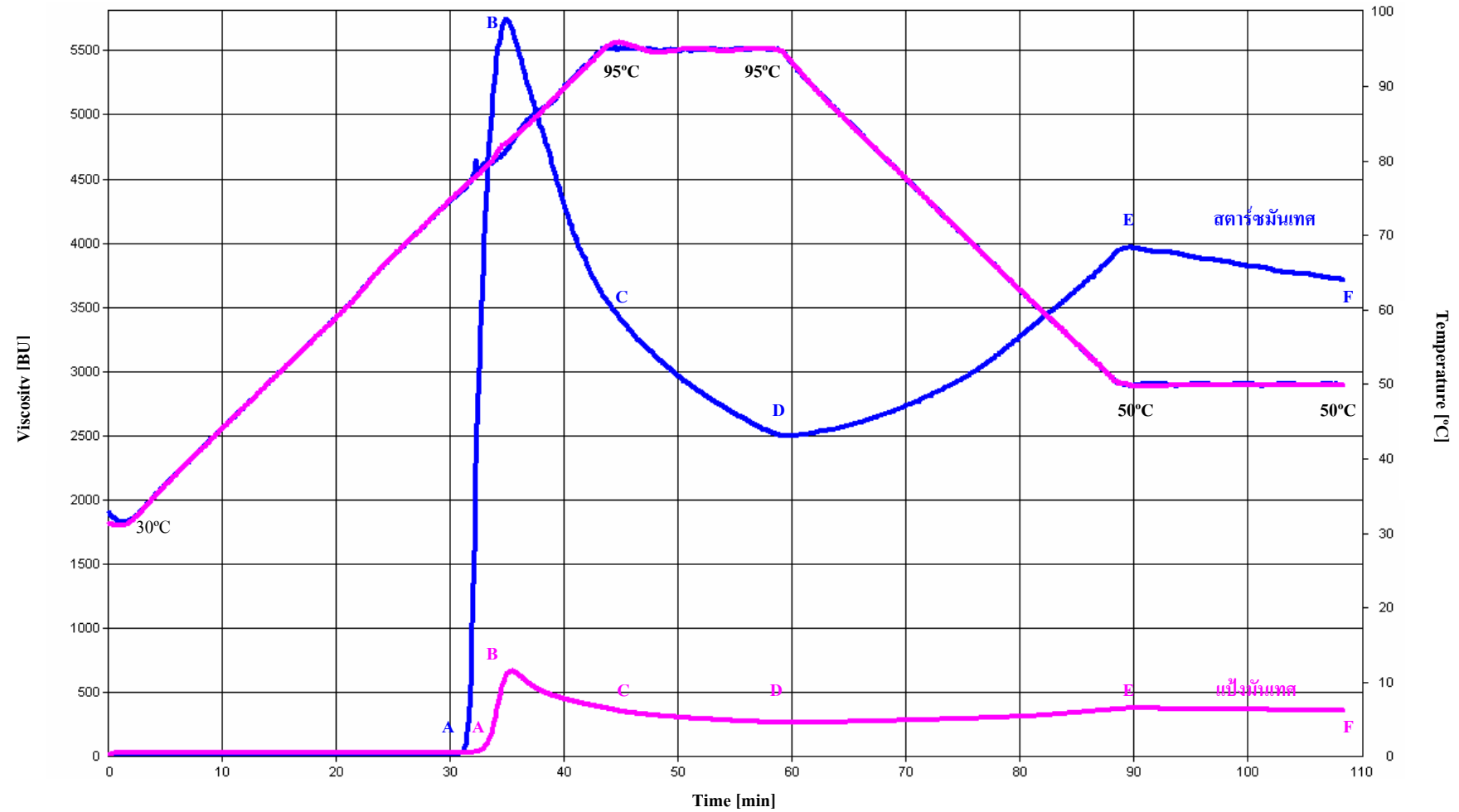
4.3.2.6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสม (Paste) ที่ผ่านการให้ความร้อนในขณะที่มีการกวนด้วยเครื่องบราเวนเดอร์ วิลโคอะมิโลกราฟ

การตรวจสอบคุณสมบัติความหนืดของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำ (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.13 และค่าความหนืดที่จุดต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.9

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติความหนืดของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มพบว่า เป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีอุณหภูมิในการเกิดเจลเท่ากับ 73.85 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่มีค่าเท่ากับ 72.25 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.6 และพบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มสอดคล้องกับผลการทดลองของ Collado และ Corke (1996) ที่พบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของสตาร์ชมันเทศจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์โดยมีค่าในช่วง 69.9-74.2 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับสุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ (2542) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ โอกูค CIP11-2 และ PIS115-1 ที่ปลูกในประเทศไทยมีอุณหภูมิในการเกิดเจลในช่วง 69.0-78.0 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Walter และคณะ (2000) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศของมณฑลพันธุ์ที่มีความชื้นแตกต่างกันจะมีอุณหภูมิในการเกิดเจลในช่วง 67.0-73.8 องศาเซลเซียส และยังสอดคล้องกับผลการทดลองของเวชยันต์ ธนบดีภัทร (2532) ที่ศึกษาสตาร์ช

มันเทศพันธุ์พื้นเมืองจากประเทศไทย และพบว่ามันเทศชนิดนี้ในการเกิดเจลอยู่ในช่วง 68-81 องศาเซลเซียส แต่มีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่ามันเทศชนิดนี้ในการเกิดเจลของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ 80.5 องศาเซลเซียส ส่วนมันเทศในการเกิดเจลของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มจะมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่ามันเทศในการเกิดเจลของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าประมาณ 75.5-81.0 องศาเซลเซียส และยังคงต่ำกว่าผลการทดลองของ Jangchud และคณะ (2003) ที่พบว่ามันเทศในการเกิดเจลของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ 80.4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่ามันเทศในการเกิดเจลของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าใกล้เคียงกับแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง แต่มีค่ามากกว่าเล็กน้อย และเมื่อพิจารณารูปแบบของ Brabender Visco-amylogram พบว่าความหนืดเริ่มต้นของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีค่าเท่ากับ 37.5 BU ส่วนสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่มีค่าเท่ากับ 31.75 BU นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้มยังมีความหนืดเริ่มต้นที่สูงกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง ส่วนสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงจะมีความหนืดเริ่มต้นที่สูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม หลังจากจุดความหนืดเริ่มต้นพบว่าความหนืดที่จุดต่างๆของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มทั้งในช่วงให้ความร้อน และช่วงให้ความเย็นมีค่าสูงกว่าความหนืดของแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.6 และ Jangchud และคณะ (2003) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆพบว่าความหนืดสูงขึ้นจนปรากฏเป็นความหนืดสูงสุด โดยพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 604.75 BU ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 915 BU ส่วนความหนืดสูงสุดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 6601.25 BU โดยความหนืดสูงสุดที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่า (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ดังนั้นแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม จึงมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม และยังพบอีกว่าแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่าแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง หลังจากจุดที่มีความหนืดสูงสุดความหนืดจะลดลงในช่วงให้ความร้อน โดยพบว่าความแตกต่างของความหนืดในช่วงเริ่มต้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และจุดสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Gel consistency ของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีความสม่ำเสมอมากกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.6 สำหรับในช่วงให้ความเย็นจนถึง 50 องศาเซลเซียส ความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มจะเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 250.00 และ 4172.75 BU ซึ่งความหนืดของแป้งมันเทศเนื้อสีส้มที่ได้มีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่ามีความหนืดจุดนี้เท่ากับ 610 BU และเมื่อคงอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส 20 นาที พบว่าความหนืดลดลงเล็กน้อย แต่ก็ยังมากกว่าช่วงเริ่มต้นให้ความเย็น โดยมีความ

ชนิดสุดท้ายของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม เท่ากับ 241.75 และ 3842.25 BU ซึ่งค่าความชนิดสุดท้ายที่ต่ำกว่า แสดงแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า หรือช้ากว่า (Grant, 1998) จึงสรุปได้ว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า หรือช้ากว่า สตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม และยังพบว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม จะมีแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า หรือช้ากว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเมื่อพิจารณาค่า Breakdown พบว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มมีค่า Breakdown เท่ากับ 429.50 และ 3805.00 BU ซึ่งค่า Breakdown ที่สูงกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม แสดงให้เห็นว่าการพองของ สตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้ม สอดคล้องกับความขึ้นหนืดที่สูงกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่เกิดจากการพองตัวที่สูงกว่าข้างต้น และสอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงในข้อ 4.3.1.6 เมื่อพิจารณาค่า Setback ของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม มีค่าเท่ากับ 74.50 และ 1368.75 BU ซึ่งค่า Setback ที่น้อยกว่าแสดงถึงแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า (Collado and Corke, 1997) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้มมีแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม และยังพบว่าแนวโน้มในการเกิดริโทรเกรเดชันของเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มต่ำกว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชนิดสุดท้ายที่กล่าวข้างต้น



ภาพที่ 4.13 กราฟการตรวจสอบความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำโดยใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph

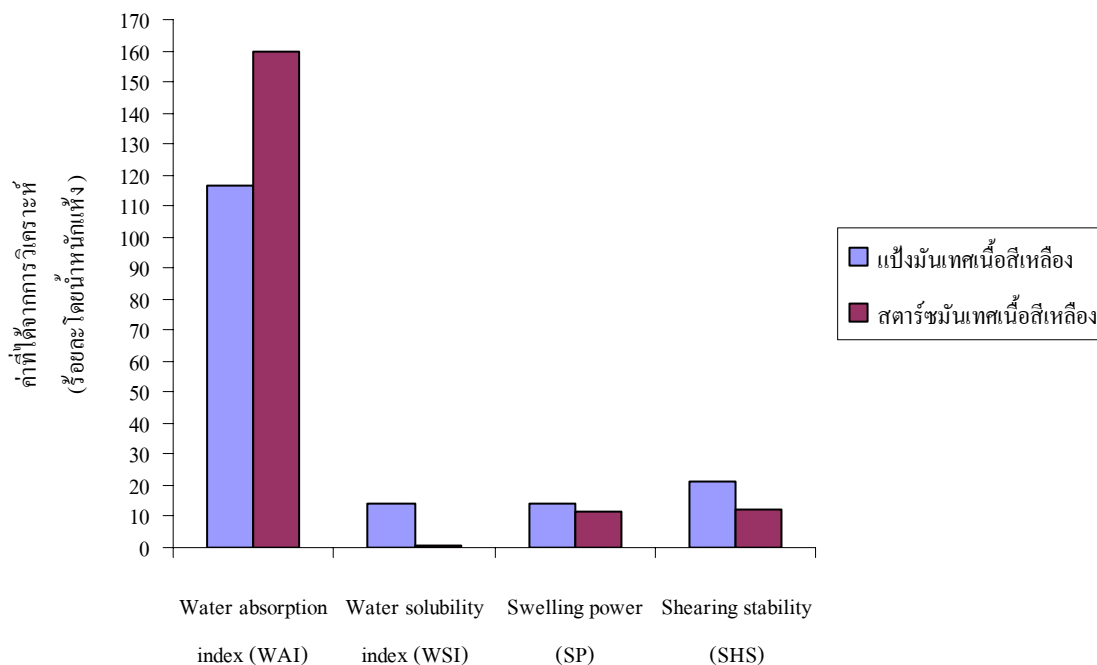
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าบนเส้นโค้งความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brabender Viscoamylograph) ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม

Sample	Gel temp (°C)	Peak temp (°C)	Pasting characteristics (Viscosity: BU) ¹							
			Begin of gel	Peak	Start of hold	Start of cool	End of cool	End of hold	Breakdown	Setback
			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(B-D)	(E-D)
Flour	73.85±4.68	79.28±4.13	37.50±3.11	604.75±52.12	248.75±139.01	175.00±94.13	250.00±125.77	241.75±123.83	429.50±45.84	74.50±31.20
Starch	72.25±4.10	78.88±2.98	31.75±1.71	6601.25±980.68	4044.00±516.01	2792.25±316.33	4172.75±283.34	3842.25±144.02	3805.00±664.87	1368.75±33.46

หมายเหตุ

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± Standard deviation

4.3.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง



ภาพที่ 4.14 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง

4.3.3.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.14 และตารางที่ ค3

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.1 และ 4.3.2.1 โดยความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับร้อยละ 116.35 และ 159.96 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งพบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองจะต่ำกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีปริมาณไขมัน และโปรตีนที่สูงกว่าซึ่งสิ่งเจือปนดังกล่าวจะขัดขวางการดูดซับน้ำเข้าภายในเม็ดแป้งมันเทศ (จิตรรา เศรษฐอุดม, 2528) ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มมีค่าใกล้เคียงกัน

4.3.3.2 ความสามารถในการละลายน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำ ของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.14 และตารางที่ ค3

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.2 และ4.3.2.2 โดยความสามารถในการละลายน้ำของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 14.36 และ 0.58 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความสามารถในการละลายน้ำสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ส่วนความสามารถในการละลายน้ำของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง มีค่าสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง แต่จะใกล้เคียงกับสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้ม

4.3.3.3 กำลังการพองตัว

การตรวจสอบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง (ภาคผนวก ข) แสดงผลดังภาพที่ 4.14 และตารางที่ ค3

เมื่อเปรียบเทียบกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีกำลังการพองตัวใกล้เคียงกับสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.3 และ4.3.2.3 โดยกำลังการพองตัวของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.99 และ11.70 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลืองที่ได้มีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Walter และคณะ (2000) และจะต่ำกว่าสตาร์ชม้นลำปะหลัง และมันฝรั่ง (Moorthy, 2002) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.3 และ4.3.2.3 และถือว่าเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลืองมีกำลังการพองตัวใกล้เคียงกับเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม

4.3.3.4 ความคงทนต่อแรงเฉือน

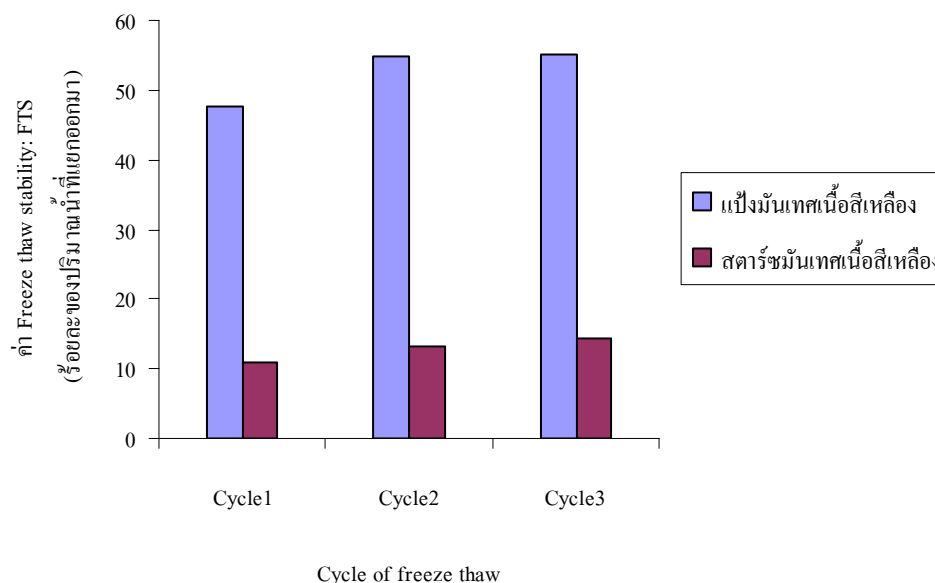
การตรวจสอบความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.14 และตารางที่ ค3

เมื่อเปรียบเทียบความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง พบว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีความคงทนต่อแรงเฉือนสูงกว่าสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.2.4 โดยความคงทนต่อแรงเฉือนของเป้งมันเทศ และสตาร์ชม้นเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 21.15 และ12.33 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าเป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความคงทนต่อแรงเฉือนสูงกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีม่วง แต่น้อยกว่าเป้งมันเทศเนื้อสีส้ม เนื่องจากเป้งมันเทศเนื้อสี

เหลืองมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลาง ทำให้ความชื้นหนืดปานกลางจึงมีแรงต้านต่อแรงเหวี่ยงปานกลาง และการลดลงของความหนืดปานกลางส่วนความคงทนต่อแรงเหวี่ยงของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้มแต่น้อยกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง

4.3.3.5 ความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลาย

การทดสอบความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.15 และตารางที่ ค3



ภาพที่ 4.15 ปริมาณ Freeze thaw stability cycle1,2,3 (ร้อยละของปริมาณน้ำที่แยกออกมา) ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำ และผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสโดยเวลา 1 cycle = 7 วัน

เมื่อเปรียบเทียบความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง จะพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายที่ต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองทั้ง 3 รอบของการแช่แข็ง และการละลาย ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.5 และ 4.3.2.5 โดยปริมาณน้ำที่แยกออกมาบ่งบอกถึงความไม่คงทนต่อการแช่แข็ง และการละลาย ซึ่งแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาระหว่างร้อยละ 47.72-55.12 และ 11.05-14.33 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ Lee และคณะ (2002) และความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีค่าสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืชบางชนิด เช่น สตาร์ชถั่ว และสตาร์ชข้าวโพด (Han and Tyler, 2003) รวมถึงสตาร์ชข้าวหอมมะลิ แต่จะต่ำกว่าสตาร์ช

ข้าวเหนียว (Varavinit *et al.*, 2002) อีกทั้งยังมีค่าสูงกว่าสตาρχมันสำปะหลัง (Deminat *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาρχมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.5 และ 4.3.2.5 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าถ้าเพิ่มจำนวนรอบของการแช่แข็ง และการละลาย ปริมาณน้ำที่แยกออกมาจะมีมากขึ้นทั้งในแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองสอดคล้องกับผลการทดลองของ Abera และ Rakshit (2003) อีกทั้งยังพบว่าสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายต่ำกว่าสตาρχมันเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ของประเทศจีน สตาρχมันฝรั่ง และสตาρχข้าวเหนียว (Chen *et al.*, 2003) และถือว่าความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีแนวโน้มสูงกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง แต่ต่ำกว่าแป้งมันเทศเนื้อสีส้ม ส่วนความคงทนต่อการแช่แข็ง และการละลายของสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองต่ำกว่าสตาρχมันเทศเนื้อสีม่วง แต่จะใกล้เคียงกับสตาρχมันเทศเนื้อสีส้ม

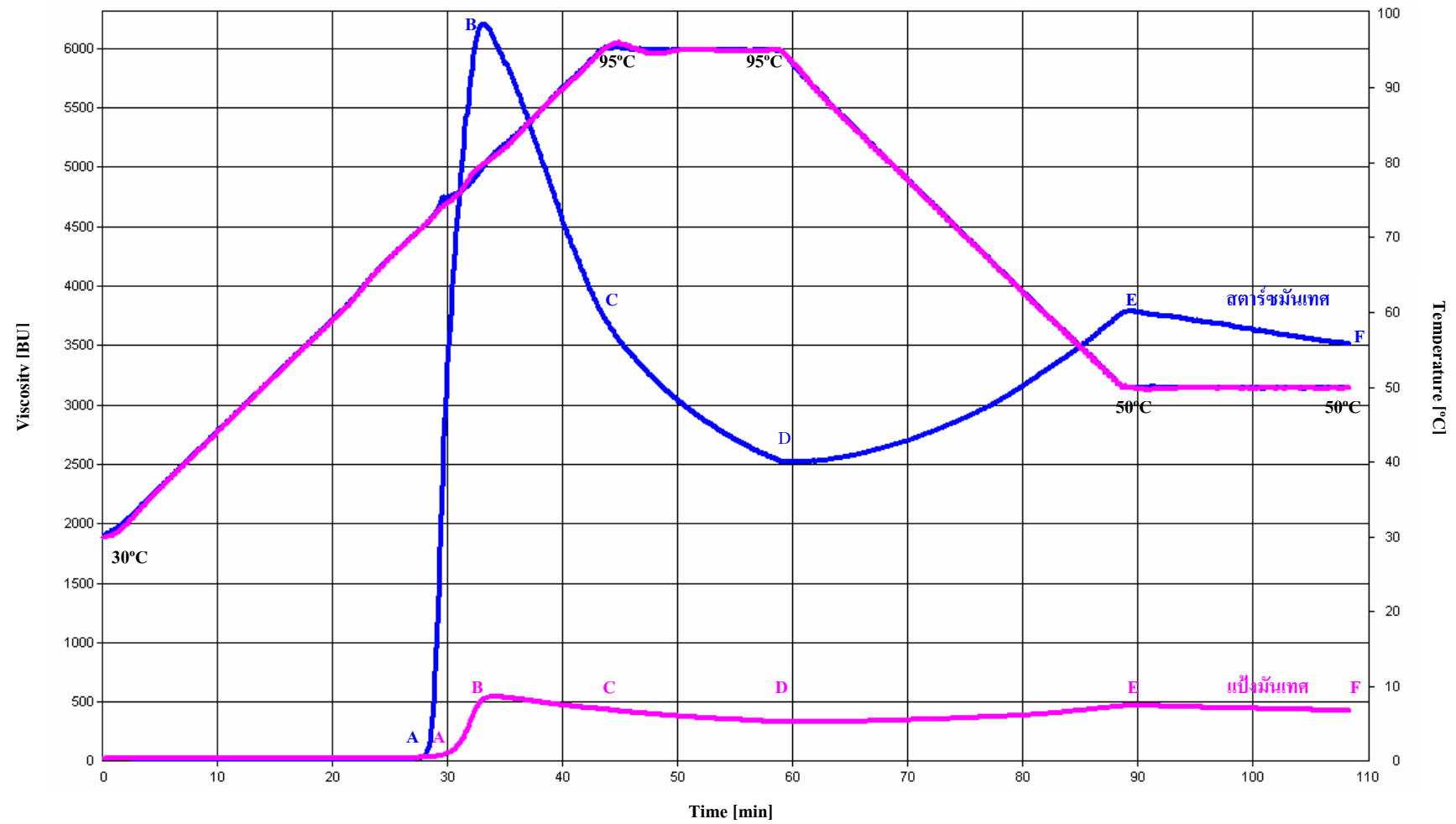
4.3.3.6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสม (Paste) ที่ผ่านการให้ความร้อนในขณะที่มีการกวนด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ วิสโคมิโลกราฟ

การตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำ (ภาคผนวก ข) แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.16 และค่าความหนืดที่จุดต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.10

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลือง พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีอุณหภูมิในการเกิดเจลเท่ากับ 73.53 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองที่มีค่า 71.13 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 และอุณหภูมิในการเกิดเจลของสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองสอดคล้องกับผลการทดลองของ Collado และ Corke (1996) สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ (2542) Walter และคณะ (2000) และเวซันต์ ธนบดีภัทร (2532) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสตาρχมันเทศเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.2.6 แต่ต่ำกว่าผลการทดลองของสุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ (2530) ที่พบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าประมาณ 79-81 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิในการเกิดเจล ของแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าสอดคล้องกับผลการทดลองของ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีอุณหภูมิในการเกิดเจลประมาณ 71-84 องศาเซลเซียส นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกับแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 เมื่อพิจารณารูปแบบของ Brabender Visco-amylogram พบว่าความหนืดเริ่มต้นของแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับ 35 BU ซึ่งมากกว่าความหนืดเริ่มต้นของสตาρχมันเทศเนื้อสีเหลืองที่มีค่าเท่ากับ 32.25 BU สอดคล้องกับผลการทดลองของแป้งมันเทศ และสตาρχมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 และยังพบว่าแป้งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกับแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง แต่มีค่าต่ำกว่า

เป้่งมันเทศเนื้อสีส้ม เนื่องจากเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีกำลังการพองตัวที่ต่ำกว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีส้ม ส่วนสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกับสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม แต่จะต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง เนื่องจากสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วงมีกำลังการพองตัวสูงกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีส้ม และเนื้อสีเหลือง หลังจากจุดความหนืดเริ่มต้น พบว่าความหนืดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองที่จุดต่างๆทั้งในช่วงให้ความร้อน และช่วงให้ความเย็นมีค่าสูงกว่าความหนืดของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆพบว่าความหนืดสูงขึ้นจนปรากฏเป็นความหนืดสูงสุด โดยเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 562.25 และ 6289.50 BU ซึ่งค่าความหนืดสูงสุดของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2535) ที่พบว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 680 BU ส่วนค่าความหนืดสูงสุดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าสูงกว่าผลการทดลองของ สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ (2530) ที่พบว่าความหนืดสูงสุดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับ 862.5 BU ซึ่งความหนืดสูงสุดที่ต่ำกว่าแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่า (กล้านรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ดังนั้นเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลือง จึงมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง และยังพบอีกว่าเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืดที่ต่ำกว่าเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม หลังจากจุดที่มีความหนืดสูงสุด ความหนืดจะลดลงในช่วงให้ความร้อน โดยพบว่าความแตกต่างของความหนืดในช่วงเริ่มต้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และจุดสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองต่ำกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Gel consistency ของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความสม่ำเสมอมากกว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง สอดคล้องกับผลการทดลองของเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้มในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 สำหรับในช่วงให้ความเย็นจนถึง 50 องศาเซลเซียส ความหนืดของเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 393.25 และ 3827.00 BU ซึ่งความหนืดที่จุดนี้ของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าผลการทดลองของ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2335) ที่พบว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดจุดนี้เท่ากับ 460 BU ส่วนความหนืดของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าสูงกว่าผลการทดลองของ สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ (2530) ที่พบว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีความหนืดที่จุดนี้เท่ากับ 1123 BU และเมื่อคงอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที พบว่าความหนืดจะลดลงเล็กน้อยแต่ก็ยังสูงกว่าช่วงเริ่มต้นให้ความเย็น โดยมีค่าความหนืดสุดท้ายเท่ากับ 371.00 และ 3614.50 BU ซึ่งค่าความหนืดสุดท้ายที่ต่ำกว่า แสดงถึงแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่าหรือช้ากว่า (Grant, 1998) จึงสรุปได้ว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า หรือช้ากว่าสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง นอกจากนี้ยังพบว่า

เป้่งมันเทศเนื้อสีเหลือง จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า หรือช้ากว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีม่วงแต่สูงกว่า และเร็วกว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีส้ม ส่วนความหนืดสุดท้ายของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าต่ำที่สุด แสดงว่ามีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาค่า Breakdown พบว่าเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่า Breakdown เท่ากับ 281.50 และ 3688.50 BU ซึ่งค่า Breakdown ที่สูงกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง แสดงให้เห็นว่าการพองของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองสูงกว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลือง สอดคล้องกับความข้นหนืดที่สูงกว่าของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองที่เกิดจากการพองตัวที่สูงกว่าข้างต้น และสอดคล้องกับผลการทดลองของเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีม่วง และเนื้อสีส้ม ในข้อ 4.3.1.6 และ 4.3.2.6 ส่วนค่า Setback ของเป้่งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองมีค่าเท่ากับ 111.75 และ 1218.00 BU ซึ่งค่า Setback ที่น้อยกว่าจะแสดงถึงแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า (Collado and Corke, 1997) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลือง จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ต่ำกว่า สตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง และยังพบอีกว่าแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันของเป้่งมันเทศเนื้อสีเหลืองต่ำกว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีม่วง แต่สูงกว่าเป้่งมันเทศเนื้อสีส้ม ส่วนสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองจะมีค่า Setback ที่ต่ำที่สุดแสดงว่าแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองต่ำที่สุดสอดคล้องกับค่าความหนืดสุดท้ายที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



ภาพที่ 4.16 กราฟการตรวจสอบความหนืดของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำโดยใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าบนเส้นโค้งความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brabender Viscoamylograph) ของแป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศเนื้อสีเหลือง

Sample	Gel temp (°C)	Peak temp (°C)	Pasting characteristics (Viscosity: BU) ¹							
			Begin of gel	Peak	Start of hold	Start of cool	End of cool	End of hold	Breakdown	Setback
			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(B-D)	(E-D)
Flour	73.53±0.74	80.33±0.55	35.00±5.35	562.25±23.94	377.00±71.61	280.50±60.65	393.25±76.57	371.00±61.27	281.50±83.93	111.75±16.64
Starch	71.13±0.95	78.95±0.84	32.25±2.63	6289.50±147.87	3811.00±44.70	2601.25±74.40	3827.00±96.63	3614.50±138.00	3688.50±84.40	1218.00±25.81

หมายเหตุ

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ครั้ง ± Standard deviation