บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

4.1.1 การเตรียมและลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

ผลการตรวจลักษณะทางกายภาพและเคมี และการหาปริมาณของส่วนประกอบต่างๆ ของผลส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 - 4.2

ส้มเขียวหวาน ส้มฟรีมองต์

รูปที่ 4.1 ลักษณะผลส้มเขียวหวาน และส้มฟรีมองต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์

ลักษณะที่ตรวจ		ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์
สี	L	66.90 ± 2.22	63.28 ± 1.50
	a	-4.23 ± 0.73	13.34 ± 1.97
	b	57.79 ± 4.56	50.91 ± 2.33
น้ำหนักผล (g)		90.45 ± 8.75	109.13 ± 5.52
ความหนาเปลือก (mm)		1.35 ± 0.28	1.53 ± 0.37
ของแข็งที่ละลายได้ (Brix)		11.27 ± 0.02	12.70 ± 0.08
กรด (%)		0.36 ± 0.01	0.83 ± 0.04

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของผลส้ม

ส่วนประกอบ (% โดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์
เปลือก	12.07 ± 0.56	15.97 ± 0.75
กาก	26.07 ± 1.65	18.66 ± 1.13
น้ำ	58.58 ± 2.31	63.58 ± 2.60
เมล็ด	2.97 ± 0.34	1.79 ± 0.19

จากการตรวจลักษณะทางกายภาพและเคมี และการหาปริมาณของส่วนประกอบต่างๆ ของผลส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ พบว่า ค่าความสว่าง (L) ของส้มทั้งสองพันธุ์ใกล้เคียงกัน ผิวเปลือกส้มเขียวหวานมีสีเหลืองอมเขียว (ค่า b เป็นบวกหมายถึงสีเหลือง และค่า a เป็นลบหมายถึงสีเขียว) ส่วนผิวเปลือกส้มฟรีมองต์มีสีเหลืองอมแดง (ค่า a เป็นบวกหมายถึงสีแดง) ส้มเขียวหวานมีน้ำหนักผล ความหนาเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (90.45 กรัม 1.35 มิลลิเมตร และ 11.27 บริกซ์) น้อยกว่าส้มฟรีมองต์เล็กน้อย (109.13 กรัม 1.53 มิลลิเมตร และ 12.70 บริกซ์) แต่ปริมาณกรดในส้มฟรีมองต์ (0.83 %) สูงกว่าส้มเขียวหวานมาก (0.36%) ส้มเขียวหวานมีปริมาณเปลือกน้อยกว่าแต่มีปริมาณกากมากกว่าส้มฟรีมองต์ โดยปริมาณเปลือกและกากของส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์คิดเป็น 38.14 และ 34.63 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของกากและเปลือกส้ม ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และใยอาหารทั้งหมด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของกากและเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์

องค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนักแห้ง)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กาก		เปลือก	
	ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์	ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์
ไขมัน	0.23 ± 0.18	0.37 ± 0.19	4.26 ± 0.96	3.09 ± 0.85
โปรตีน	7.42 ± 0.88	6.81 ± 0.78	8.41 ± 2.20	6.53 ± 1.17
เถ้า	5.13 ± 0.21	3.13 ± 0.10	6.60 ± 0.11	4.81 ± 0.58
ใยอาหารทั้งหมด	43.85 ± 2.16	39.33 ± 2.09	52.89 ± 4.25	50.73 ± 2.67
คาร์โบไฮเดรต	43.36	50.36	27.84	34.84

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณพบว่า กากและเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์มีปริมาณโปรตีนและเถ้าใกล้เคียงกัน กากส้มมีปริมาณไขมันต่ำมาก ในขณะที่เปลือกส้มมีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 3-4 ขององค์ประกอบทั้งหมด กากและเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์มีปริมาณใยอาหารค่อนข้างสูง โดยกากส้มมีใยอาหารประมาณร้อยละ 40 ขององค์ประกอบทั้งหมด ส่วนในเปลือกส้มมีปริมาณใยอาหารประมาณร้อยละ 50 ขององค์ประกอบทั้งหมด เนื่องจากในกากและเปลือกส้มมีปริมาณใยอาหารค่อนข้างสูงจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารผง

4.2 การผลิตใยอาหารผงจากส้ม

4.2.1 ผลการศึกษาภาวะที่ใช้ในการผลิตใยอาหารผงจากกากส้ม

4.2.1.1 ระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกกากส้มด้วยไอน้ำ

เตรียมกากส้มตามวิธีในข้อ 3.2.1.1 แปรเวลาในการลวกเป็น 0 1 2 3 4 และ 5 นาที ประเมินผลโดยทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในกากส้มที่ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 – 5 นาที

เวลาในการลวก	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส	
(นาที)	ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์
0	+	+
1	+	+
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-

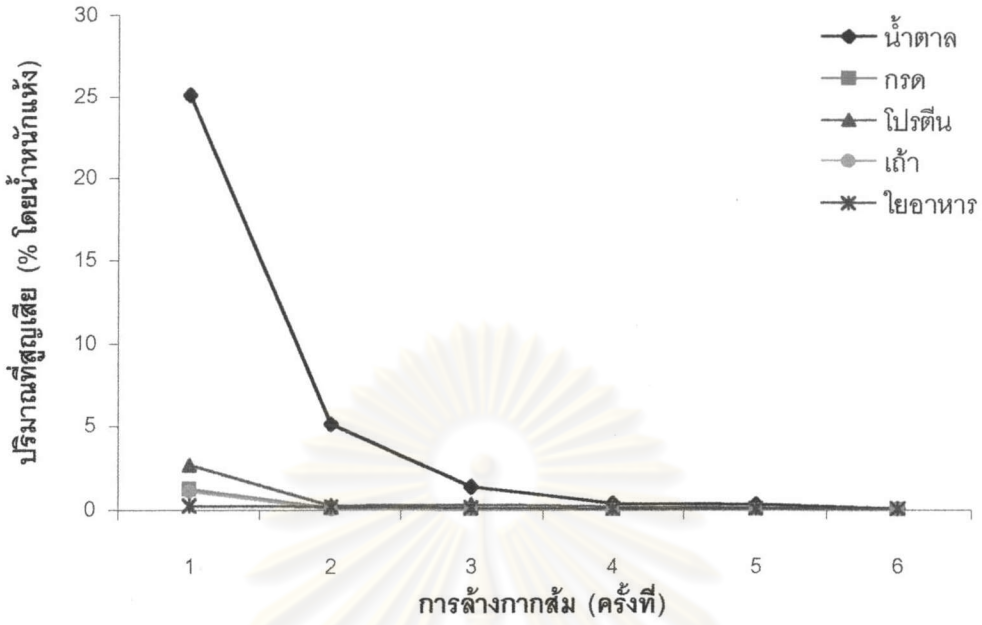
จากการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในกากส้มซึ่งผ่านการลวกด้วยไอน้ำ พบว่าเมื่อใช้เวลาในการลวก 2 นาทีขึ้นไป สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในกากส้มทั้งสองพันธุ์ ดังนั้นจึงเลือกเวลา 2 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกกากส้มเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

4.2.1.2 จำนวนครั้งที่เลือกในการล้างกากส้ม

เตรียมผงกากส้มตามขั้นตอนที่ 3.2.1.2 แปรจำนวนครั้งในการล้างเป็น 1 2 3 4 5 และ 6 ครั้ง วิเคราะห์ปริมาณกรด น้ำตาล โปรตีน เถ้า และใยอาหารทั้งหมดที่สูญเสียไปในการล้างแต่ละครั้ง ผลที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.2 - 4.3

ประเมินผลการทดลองจาก ค่าร้อยละของผลผลิต (%yield) ความชื้นและใยอาหารทั้งหมด ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่า L, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5 - 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สูญเสียไปในการล้างกากส้มเขียวหวานครั้งที่ 1-6

รูปที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีที่สูญเสียไปในการล้างกากส้มฟรีมองต์ครั้งที่ 1-6

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล กรด โปรตีน เถ้า และใยอาหาร ทั้งหมดที่สูญเสียไปในการล้างกากส้มแต่ละครั้ง พบว่า มีการสูญเสียน้ำตาลไปกับน้ำล้างเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ โดยสูญเสียน้ำตาลไปในการล้างครั้งแรกมากที่สุดประมาณ 25 และ 20 เปอร์เซ็นต์สำหรับส้มเขียวหวาน และส้มฟรีมองต์ สูญเสียไปในการล้างครั้งที่ 2 ประมาณ 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์สำหรับส้มเขียวหวาน และส้มฟรีมองต์ ส่วนการล้างครั้งที่ 3-6 มีการสูญเสียน้อยและค่อนข้างคงที่ กรด โปรตีนและเถ้า มีการสูญเสียมากในการล้างครั้งแรกและมีการสูญเสียน้อยลงมากในการล้างครั้งที่ 2-6

การสูญเสียใยอาหารในการล้างกากส้มเขียวหวานมีน้อยมาก แต่ในกากส้มฟรีมองต์มีการสูญเสียใยอาหารไปบ้างในการล้างครั้งแรก

ดังนั้นการล้างจึงช่วยลดปริมาณน้ำตาล กรด โปรตีน และเถ้าในกากส้มลงได้ ทำให้ได้ผงกากส้มที่มีปริมาณใยอาหารสูง โดยการล้างมากครั้งขึ้นสามารถกำจัดองค์ประกอบต่างๆ ออกจากส่วนของใยอาหารได้มากขึ้น ทำให้ได้ใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าร้อยละของผลผลิต และสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงกากส้มเขียวหวานที่ผ่านการล้างจำนวนครั้งต่างๆ

จำนวนครั้งในการล้าง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ร้อยละของผลผลิต (โดยน้ำหนักแห้ง)	ความชื้น (%)	ใยอาหาร (% โดยน้ำหนักแห้ง)	ความสามารถในการอุ้มน้ำ[ns] (g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	สี		
					L	a	b
1	46.86[a] ± 0.16	5.63[b] ± 0.18	63.70[e] ± 0.20	10.47 ± 0.07	84.58[a] ± 0.10	-0.75[a] ± 0.09	45.07[a] ± 0.26
2	44.78[b] ± 0.16	5.85[b] ± 0.20	71.55[d] ± 0.56	11.14 ± 0.07	84.55[a] ± 0.09	-1.55[b] ± 0.14	43.07[b] ± 0.19
3	43.95[c] ± 0.31	6.27[ab] ± 0.25	75.79[c] ± 0.48	11.56 ± 0.39	84.33[a] ± 0.08	-1.72[b] ± 0.17	42.83[bc] ± 0.11
4	43.52[d] ± 0.24	6.72[a] ± 0.61	76.38[b] ± 0.09	11.56 ± 0.74	83.99[b] ± 0.12	-1.68[b] ± 0.03	42.70[bc] ± 0.70
5	42.04[e] ± 0.20	6.80[a] ± 0.37	77.05[a] ± 0.13	11.62 ± 0.53	84.04[b] ± 0.02	-1.71[b] ± 0.06	42.27[cd] ± 0.17
6	41.81[e] ± 0.16	6.72[a] ± 0.30	77.57[a] ± 0.22	11.74 ± 0.67	84.01[b] ± 0.30	-1.63[b] ± 0.09	41.91[d] ± 0.38

[a,b,c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างกากส้มต่อค่าร้อยละของผลผลิต ความชื้น ใยอาหาร และค่าสี (L, a, b) ของผงกากส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของผลผลิตและค่าสีมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความชื้นและใยอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไม่พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มเขียวหวาน($p > 0.05$) การล้าง 5 – 6 ครั้งมีค่าทุกค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าใยอาหารสูงกว่า แต่ร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าการล้าง 4 ครั้ง ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกจำนวนครั้งในการล้าง 5 ครั้งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ผงกากส้มที่มีค่าใยอาหารสูงกว่าการล้าง 4 ครั้ง

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าร้อยละของผลผลิต และสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงกากส้มฟรีมองต์ที่ผ่านการล้างจำนวนครั้งต่างๆ

จำนวนครั้งในการล้าง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ร้อยละของผลผลิต (โดยน้ำหนักแห้ง)	ความชื้น (%)	ใยอาหาร (% โดยน้ำหนักแห้ง)	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	สี		
					L	a	b
1	$42.05^{a} \pm 0.24$	$4.55^{b} \pm 0.02$	$64.83^{c} \pm 0.18$	$12.40^{c} \pm 0.20$	$83.31^{a} \pm 0.02$	$2.16^{a} \pm 0.06$	$46.06^{a} \pm 0.30$
2	$39.10^{b} \pm 0.26$	$5.45^{a} \pm 0.25$	$71.79^{c} \pm 0.71$	$14.35^{b} \pm 0.56$	$83.14^{a} \pm 0.11$	$1.99^{b} \pm 0.12$	$43.92^{b} \pm 0.50$
3	$37.50^{c} \pm 0.28$	$5.58^{a} \pm 0.22$	$74.92^{b} \pm 0.22$	$15.00^{a} \pm 0.39$	$82.44^{b} \pm 0.07$	$1.83^{c} \pm 0.09$	$43.28^{b} \pm 0.19$
4	$36.71^{d} \pm 0.16$	$5.91^{a} \pm 0.10$	$75.87^{ab} \pm 0.60$	$15.01^{a} \pm 0.37$	$81.94^{c} \pm 0.04$	$1.44^{d} \pm 0.85$	$41.74^{c} \pm 0.51$
5	$35.96^{e} \pm 0.29$	$5.81^{a} \pm 0.52$	$76.08^{a} \pm 0.74$	$15.31^{a} \pm 0.13$	$81.88^{c} \pm 0.21$	$1.37^{d} \pm 0.07$	$41.44^{c} \pm 0.16$
6	$35.90^{e} \pm 0.17$	$6.22^{a} \pm 0.75$	$76.02^{a} \pm 0.50$	$15.10^{a} \pm 0.12$	$81.63^{c} \pm 0.35$	$1.43^{d} \pm 0.06$	$41.44^{c} \pm 0.43$

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างกากส้มต่อค่าร้อยละของผลผลิต ความชื้น ใยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าสี (L, a, b) ของผงกากส้มฟรีมองต์ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของผลผลิต และค่าสี(L, a, b) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความชื้น ใยอาหาร และความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการล้าง 4 – 6 ครั้งให้ค่าความชื้น ใยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าสี (L, a, b) ไม่แตกต่างกัน แต่การล้าง 4 ครั้งให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงกว่าการล้าง 5 – 6 ครั้ง ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกจำนวนครั้งในการล้างกากส้มฟรีมองต์4 ครั้งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.1.3 อุณหภูมิที่เลือกในการทำแห้งกากส้มด้วยตู้อบลมร้อน

เตรียมผงกากส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.1.3 แปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน เป็น 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจาก ความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ สี วัดเป็นค่า L, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.7 - 4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงกากส้มเขียวหวานที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น	ความสามารถในการอุ้มน้ำ[ns]	สี		
(°C)	(%)	(g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	L	a	b
50	$4.73^{a} \pm 0.66$	13.51 ± 0.27	$84.19^{b} \pm 0.39$	$-2.23^{b} \pm 0.09$	$33.73^{a} \pm 0.54$
60	$3.76^{ab} \pm 0.44$	13.25 ± 0.31	$84.19^{b} \pm 0.13$	$-2.03^{a} \pm 0.08$	$33.57^{a} \pm 0.38$
70	$3.21^{b} \pm 0.87$	13.09 ± 0.39	$84.85^{a} \pm 0.28$	$-2.04^{a} \pm 0.08$	$32.59^{b} \pm 0.22$

[a,b] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งกากส้มเขียวหวานด้วยตู้อบลมร้อนต่อ ต่อค่าความชื้น และค่าสี (L, a, b) ของผงกากส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าความชื้นและค่าสีเขียวและเหลือง(a, b) มีแนวโน้มลดลง ในขณะค่าความสว่าง (L) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ($p > 0.05$) แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งกากส้มเขียวหวานด้วยตู้อบลมร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ผงกากส้มที่มีค่าสีดีกว่า

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงกากส้มฟรีมองต์ที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น	ความสามารถในการอุ้มน้ำ	สี		
(°C)	(%)	(g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	L	a^{ns}	b^{ns}
50	7.72^{a} ± 0.24	14.90^{a} ± 0.20	86.56^{b} ± 0.36	-0.96 ± 0.21	38.08 ± 2.25
60	5.82^{b} ± 0.15	14.18^{b} ± 0.09	87.16^{a} ± 0.31	-1.07 ± 0.09	37.64 ± 1.11
70	5.38^{c} ± 0.08	13.29^{c} ± 0.06	87.16^{a} ± 0.06	-1.06 ± 0.09	37.80 ± 1.27

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งกากส้มฟรีมองต์ด้วยตู้อบลมร้อนต่อค่าความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความสว่าง (L) ของผงกากส้มฟรีมองต์ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าความชื้นและความสามารถในการอุ้มน้ำ มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้น ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อค่าสีเขียวและเหลือง(a, b) ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งกากส้มฟรีมองต์ด้วยตู้อบลมร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ผงกากส้มที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด

4.2.2 ผลการศึกษาภาวะที่ดีในการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้ม

4.2.2.1 ระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกเปลือกส้มด้วยไอน้ำ

เตรียมเปลือกส้มตามวิธีในข้อ 3.2.2.1 แปรเวลาในการลวกเป็น 0 1 2 3 4 และ 5 นาที ประเมินผลโดยทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเปลือกส้มซึ่งลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0–5 นาที

เวลาในการลวก	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส	
(นาที)	ส้มเขียวหวาน	ส้มฟรีมองต์
0	+	+
1	+	+
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-

จากการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเปลือกส้มซึ่งผ่านการลวกด้วยไอน้ำ พบว่า เมื่อใช้เวลาในการลวก 2 นาทีขึ้นไป สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์ ดังนั้นจึงเลือกเวลา 2 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกเปลือกส้มเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

แปรภาวะในการลวกเปลือกส้มเป็นไม่ลวก และลวกด้วยไอน้ำนาน 2 นาที เตรียมผงเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ตามวิธีในข้อ3.2.2.1 ประเมินผลการทดลองจากความชื้น และสีวัดเป็นค่า L, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10 - 4.11

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความชื้น และสีของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ไม่ผ่านและผ่านการลวกด้วยไอน้ำ

ภาวะ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ความชื้น	สี		
	(%)	L ns	a	b
ไม่ผ่านการลวก	12.67[a] ± 0.63	69.93 ± 0.40	1.21[a] ± 0.08	55.03[b] ± 0.64
ลวกนาน 2 นาที	10.66[b] ± 0.74	70.09 ± 0.40	-0.11[b] ± 0.17	56.35[a] ± 0.79

[a,b] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าความชื้น และสีของผงเปลือกส้มฟรีมองต์ที่ไม่ผ่านและผ่านการลวกด้วยไอน้ำ

ภาวะ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ความชื้น	สี		
	(%)	L ns	a ns	b
ไม่ผ่านการลวก	8.98[a] ± 0.28	78.27 ± 0.35	-1.39 ± 0.27	63.23[b] ± 0.67
ลวกนาน 2 นาที	8.03[b] ± 0.39	78.84 ± 0.27	-1.46 ± 0.18	64.06[a] ± 0.53

[a,b] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลภาวะในการลวกต่อค่าความชื้น และค่าสีเหลือง (b)ของผงเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการลวกมีค่าความชื้นต่ำกว่า และค่าสีเหลืองสูงกว่าผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการลวก พบอิทธิพลภาวะในการลวกต่อค่าสีเขียว(a) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการลวกมีค่าสีเขียวต่ำกว่าผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการลวก ไม่พบอิทธิพลภาวะในการลวกต่อค่าความสว่าง(L) ของผงเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์ ($p > 0.05$)

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการลวกเปลือกส้มด้วยไอน้ำนาน 2 นาที สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และให้ค่าสีที่ดีกว่าเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการลวก

4.2.2.2 ภาวะที่ดีในการทำแห้งเปลือกส้ม

4.2.2.2.1 อุณหภูมิที่เลือกในการทำแห้งเปลือกส้มด้วยลมร้อน

เตรียมผงเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.2.1 แปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน เป็น 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจาก ความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่า L, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.12 - 4.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น[ns]	ความสามารถในการอุ้มน้ำ[ns]	สี		
(°C)	(%)	(g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	L	a	b
50	13.40 ± 0.13	8.77 ± 0.24	71.56[a] ± 0.47	-3.36[c] ± 0.41	57.98[a] ± 0.46
60	12.91 ± 0.98	8.66 ± 0.23	71.14[a] ± 0.54	-2.48[b] ± 0.32	56.23[b] ± 0.65
70	12.45 ± 1.18	8.56 ± 0.13	69.48[b] ± 0.66	-1.60[a] ± 0.18	54.56[c] ± 0.29

[a,b,c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานด้วยตู้อบลมร้อนต่อ ต่อค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าความสว่าง (L) ค่าสีเขียว (a) และเหลือง (b) มีแนวโน้มลดลง ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อค่าความชื้นและความสามารถในการอุ้มน้ำ ($p > 0.05$) แต่ค่าความชื้นและความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานด้วยตู้อบลมร้อน 50 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ผงเปลือกส้มที่มีสีดีที่สุด

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงเปลือกส้มฟรีมองต์ที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น	ความสามารถในการอุ้มน้ำ[ns]	สี		
(°C)	(%)	(g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	L	a[ns]	b[ns]
50	7.45[a] ± 0.08	9.17 ± 0.15	77.54[b] ± 0.69	-1.06 ± 0.27	64.68 ± 1.18
60	5.65[b] ± 0.15	8.97 ± 0.09	78.51[a] ± 0.20	-1.33 ± 0.27	64.71 ± 0.20
70	5.81[b] ± 0.18	8.96 ± 0.26	78.91[a] ± 0.23	-1.39 ± 0.17	63.82 ± 0.51

[a,b,c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มฟรีมองต์ด้วยตู้อบลมร้อนต่อ ต่อค่าความชื้นและค่าความสว่าง (L) ของผงกากส้มฟรีมองต์($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าความชื้นมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้น ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าสีเขียวและเหลือง(a, b) แต่ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มฟรีมองต์ด้วยตู้อบลมร้อน50 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2.2.2 วิธีที่เลือกในการทำแห้งเปลือกส้ม

เตรียมผงเปลือกส้มเขียวหวานตามข้อ 3.2.2.2.2 แปรวิธีการทำแห้งเป็น การทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจากความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่า L, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

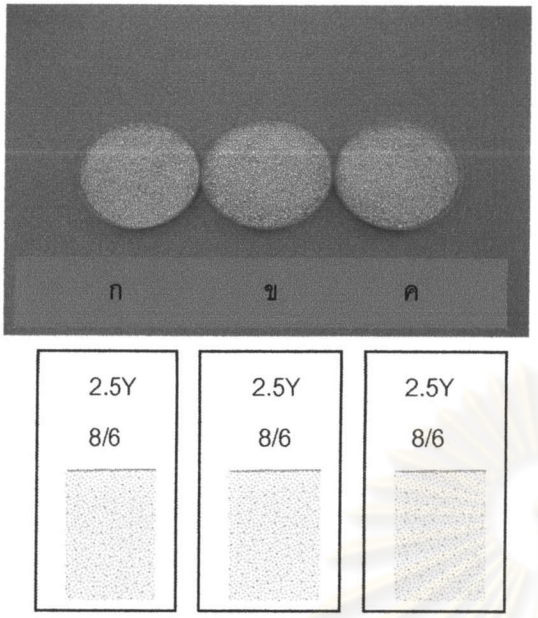
ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ทำแห้งแบบลมร้อน และแบบสุญญากาศ

วิธีทำแห้ง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น [ns]	ความสามารถในการอุ้มน้ำ	สี		
	(%)	(g น้ำ/g ตัวอย่างแห้ง)	L	a	b
ทำแห้งด้วยลมร้อน	10.30 ± 0.39	8.92[b] ± 0.29	73.04[b] ± 0.47	-4.03[a] ± 0.13	58.56[b] ± 0.71
ทำแห้งแบบสุญญากาศ	9.97 ± 0.32	9.49[a] ± 0.19	76.83[a] ± 0.35	-6.31[b] ± 0.06	61.88[a] ± 0.51

[a,b] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของวิธีทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวาน ต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยการทำแห้งแบบสุญญากาศมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีเขียว (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน ไม่พบอิทธิพลของวิธีทำแห้งต่อค่าความชื้น ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานแบบสุญญากาศเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ผงเปลือกส้มที่มีค่าความสามารถในการถอุ้มน้ำสูงและมีสีที่ดี



ก. สกัดด้วยการปรับ pH เป็น 7
ข. สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 °C
ค. สกัดด้วยเอธานอล 35 %

รูปที่ 4.9 ลักษณะและสี (Munsell color) ของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ลดความขมด้วยวิธีต่างๆ

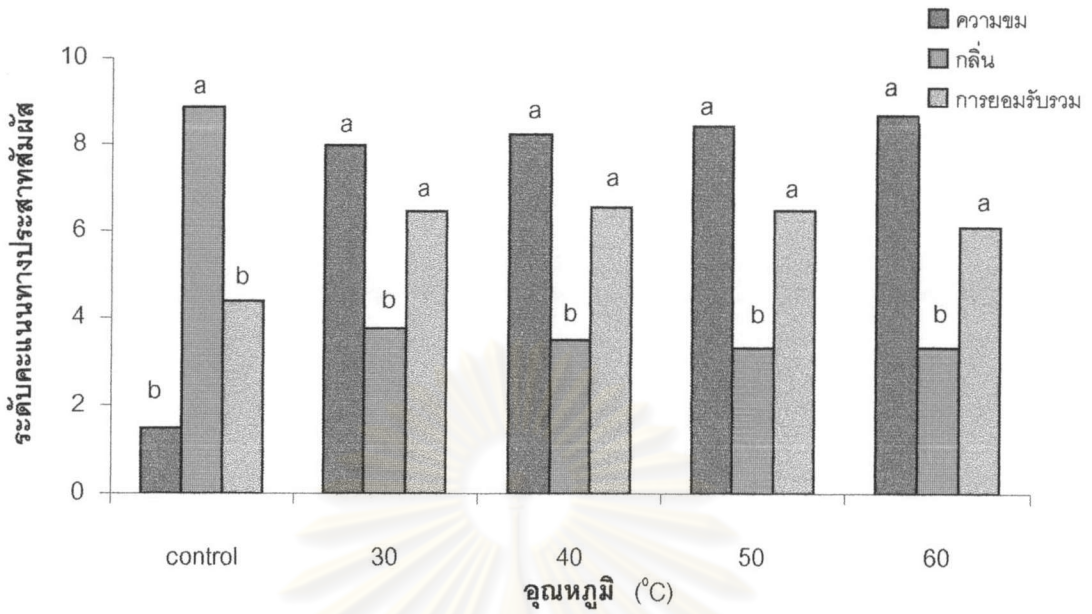
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดทั้ง 3 วิธี มีสีเหลืองอ่อน โดยมีสีไม่แตกต่างกัน

4.2.2.4 ภาวะที่เลือกใช้ในการปรับปรุงสีและกลิ่นของผงเปลือกส้ม

4.2.2.4.1 วิธีที่เลือกในการทำแห้งผงเปลือกส้ม

เตรียมผงเปลือกส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.4.1 แปรวิธีการทำแห้ง เป็น การทำแห้งแบบสุญญากาศอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ประเมินผลการทดลองจากสีวัดเป็นค่า L, a, b และคะแนนทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ไม่ผ่านการสกัดและผ่านการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ

คะแนน 0 หมายถึง ขมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง ไม่ขม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

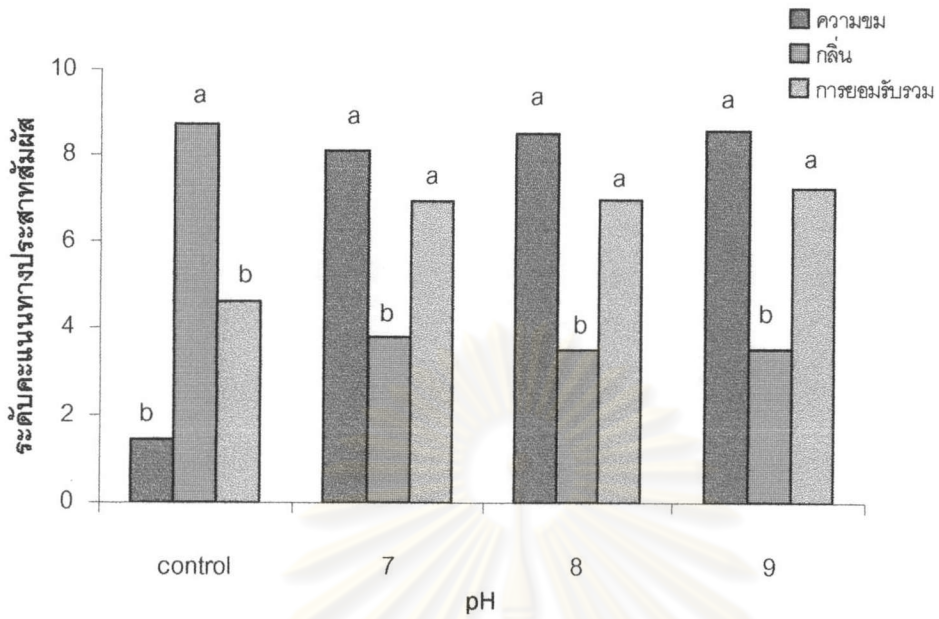
จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่คะแนนกลิ่นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด ไม่มีความแตกต่างของคะแนนดังกล่าวของผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกอุณหภูมิในการสกัด 30 องศาเซลเซียสเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นอุณหภูมิต่ำที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2.3.2 ผลของ pH ต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

เตรียมผงเปลือกส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.3.1 แปร pH ของตัวอย่างเป็น 7 8 และ 9 ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ไม่ผ่านการสกัดและผ่านการสกัดที่ pH ต่างๆ

คะแนน 0 หมายถึง ขมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

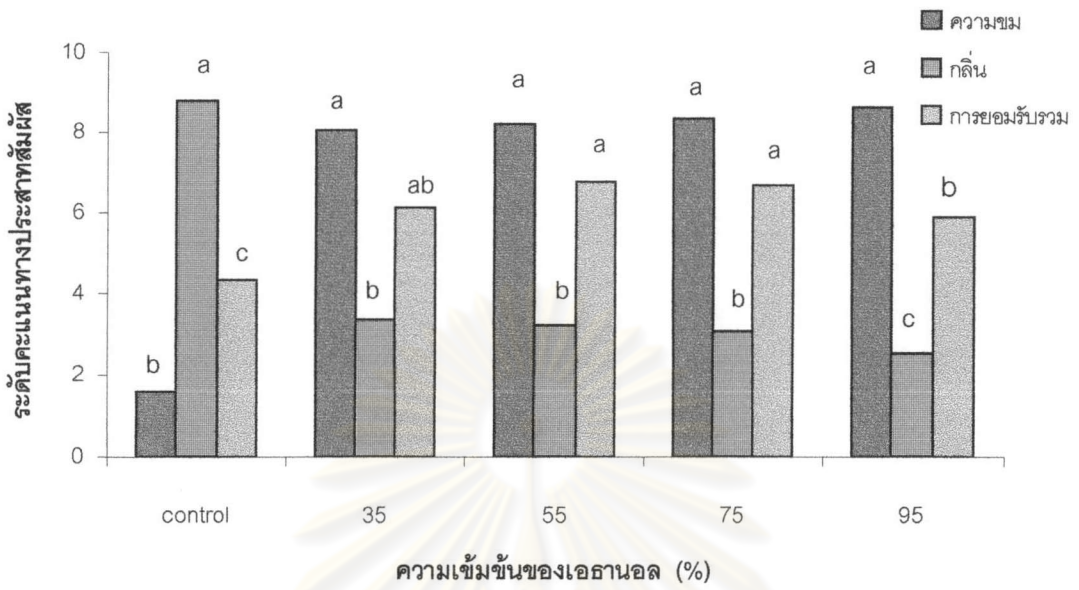
คะแนน 10 หมายถึง ไม่ขม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่นและการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่ pH ต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่คะแนนกลิ่นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด ไม่มีความแตกต่างของคะแนนดังกล่าวของผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่ pH ต่างๆ

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือก pH 7 ในการสกัดเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจากมี pH เป็นกลางที่สุด

4.2.2.3.3 ผลของความเข้มข้นเอธานอลต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

เตรียมผงเปลือกส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.3.3 แปรความเข้มข้นของเอธานอลเป็น 35 55 75 และ 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ไม่ผ่านการสกัดและผ่านการสกัดด้วยเอธานอลความเข้มข้นต่างๆ

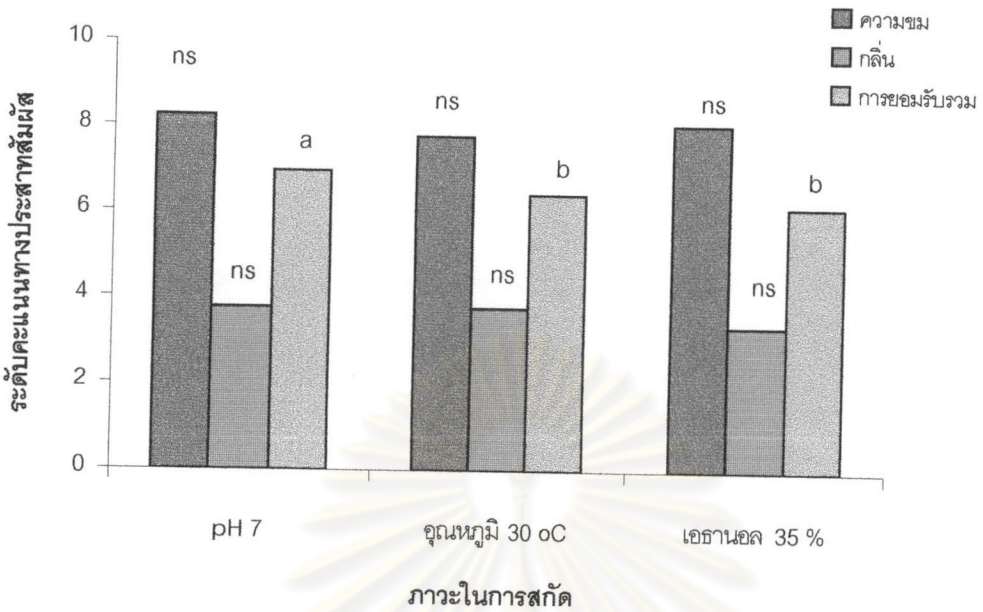
คะแนน 0 หมายถึง ขมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง ไม่ขม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของความเข้มข้นเอธานอลในการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยเอธานอลความเข้มข้นต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่คะแนนกลิ่นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด คะแนนความขมของผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยเอธานอลความเข้มข้นต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ผงเปลือกส้มที่สกัดด้วยเอธานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนกลิ่นและการยอมรับรวมต่ำกว่าที่สกัดด้วยเอธานอล 35 – 75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกความเข้มข้นเอธานอล 35 เปอร์เซ็นต์ในการสกัด เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นความเข้มข้นต่ำที่สุด

4.2.2.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

เตรียมผงเปลือกส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.3.1 – 3.2.2.3.3 ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.8



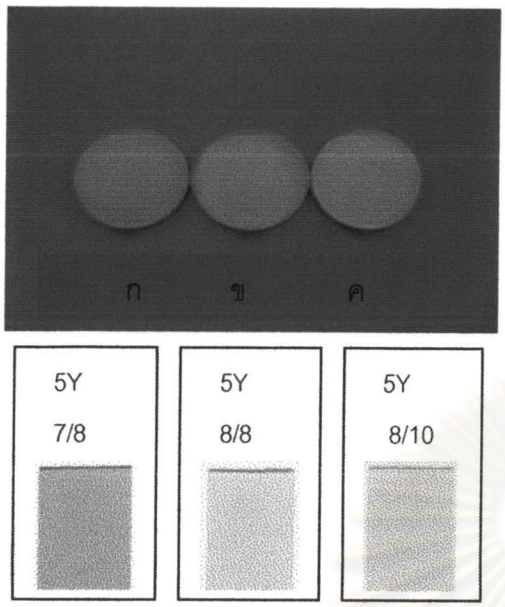
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ลดความขมด้วยวิธีต่างๆ

คะแนน 0 หมายถึง ขมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง ไม่ขม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของภาวะในการสกัดต่อคะแนนการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยการปรับ pH เป็น 7 มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำและเอธานอล ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการปรับ pH ในการสกัดเป็น 7 เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก. ไม่ผ่านการลวกและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน
ข. ผ่านการลวกและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน
ค. ผ่านการลวกและทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ

รูปที่ 4.4 ลักษณะและสี (Munsell color) ของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ผ่านการทำแห้งภาวะต่างๆ

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการลวกมีสีค่อนข้างคล้ำกว่าผงเปลือกส้มที่ผ่านการลวก และผงเปลือกส้มที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศมีสีเหลืองสดหรือสว่างกว่าผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบลมร้อน

4.2.2.3 ภาวะที่เลือกในการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

4.2.2.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

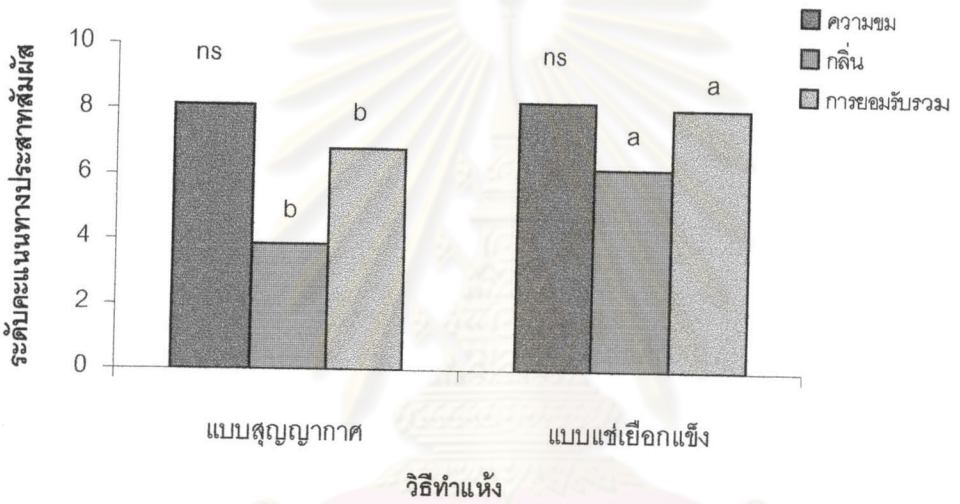
เตรียมผงเปลือกส้มตามขั้นตอนในข้อ 3.2.2.3.2 แปรอุณหภูมิของตัวอย่างเป็น 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าสีของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ทำแห้งแบบสุญญากาศ และแบบแช่เยือกแข็ง

วิธีทำแห้ง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี		
	L	a	b
ทำแห้งแบบสุญญากาศ	$71.67^{b} \pm 0.64$	$-1.95^{a} \pm 0.20$	$44.28^{b} \pm 0.33$
ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	$78.82^{a} \pm 0.21$	$-5.54^{b} \pm 0.14$	$53.05^{a} \pm 0.59$

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความชม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ทำแห้งแบบสุญญากาศและแบบแช่เยือกแข็ง

คะแนน 0 หมายถึง ชมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง ไม่ชม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลวิธีทำแห้งต่อค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความสว่าง (L) ค่าสีเขียว (a) และเหลือง (b) สูงกว่าที่ทำแห้งแบบสุญญากาศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของวิธีทำแห้งต่อคะแนนความชม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีคะแนนกลิ่น และการยอมรับรวมสูงกว่าที่ทำแห้งแบบสุญญากาศ

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

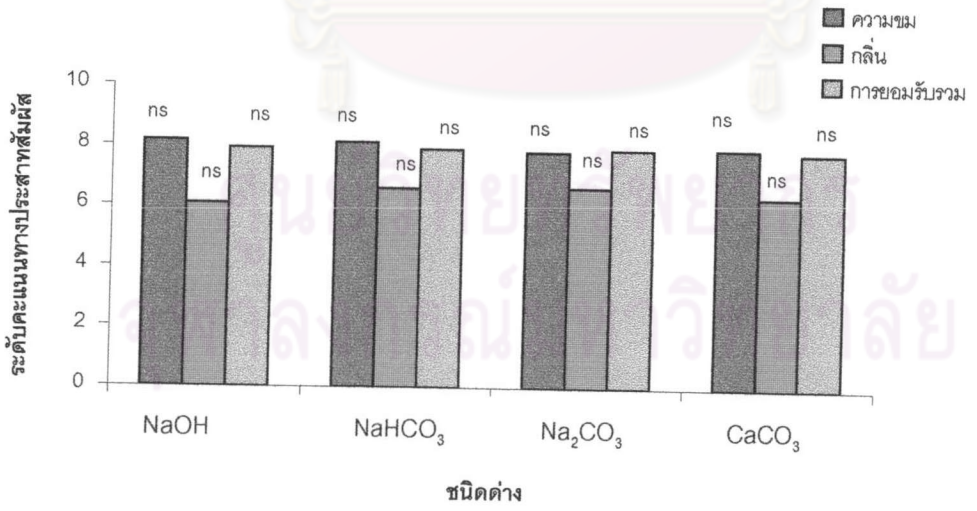
4.2.2.4.2 ชนิดของสารละลายด่างที่เลือกในการปรับ pH

เตรียมผงเปลือกส้มตามวิธีในข้อ 3.2.2.4.2 แปรชนิดของด่างที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และ แคลเซียมคาร์บอเนต ประเมินผลการทดลองจากสีวัดเป็นค่า L, a, b และคะแนนทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าสีของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ผ่านการปรับ pH ด้วยสารละลายด่างชนิดต่างๆ

ชนิดด่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี		
	L	a	b
NaOH	$78.72^{a} \pm 0.13$	$-5.53^{c} \pm 0.18$	$53.25^{c} \pm 0.56$
$NaHCO_3$	$77.52^{c} \pm 0.22$	$-5.27^{ab} \pm 0.12$	$54.00^{b} \pm 0.20$
Na_2CO_3	$78.17^{b} \pm 0.10$	$-5.17^{a} \pm 0.14$	$55.07^{ab} \pm 0.27$
$CaCO_3$	$78.89^{a} \pm 0.32$	$-5.48^{bc} \pm 0.12$	$53.80^{b} \pm 0.25$

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



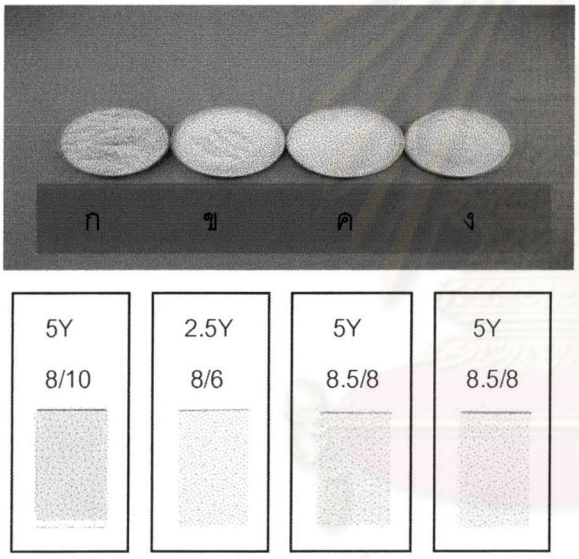
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อความชม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ปรับ pH ด้วยสารละลายด่างชนิดต่างๆ

คะแนน 0 หมายถึง ขมมาก ไม่มีกลิ่นส้ม และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง ไม่ขม กลิ่นส้มมาก และยอมรับมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลชนิดด่างต่อค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ปรับ pH ด้วย Na_2CO_3 มีค่าสีเขียว (a) และเหลือง (b) สูงที่สุด และไม่แตกต่างกับ $NaHCO_3$ แต่มีค่าความสว่าง (L) ต่ำกว่า NaOH และ $CaCO_3$

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไม่พบอิทธิพลของชนิดด่างต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการปรับ pH ด้วยสารละลาย Na_2CO_3 เพราะจากการทดลองพบว่าการปรับ pH ด้วย Na_2CO_3 ทำได้ง่ายกว่า $NaHCO_3$ และ $CaCO_3$



ก. ก่อนการสกัดลดความขม

ข. สกัดลดความขมโดยใช้ NaOH ปรับ pH และทำแห้งแบบสุญญากาศ

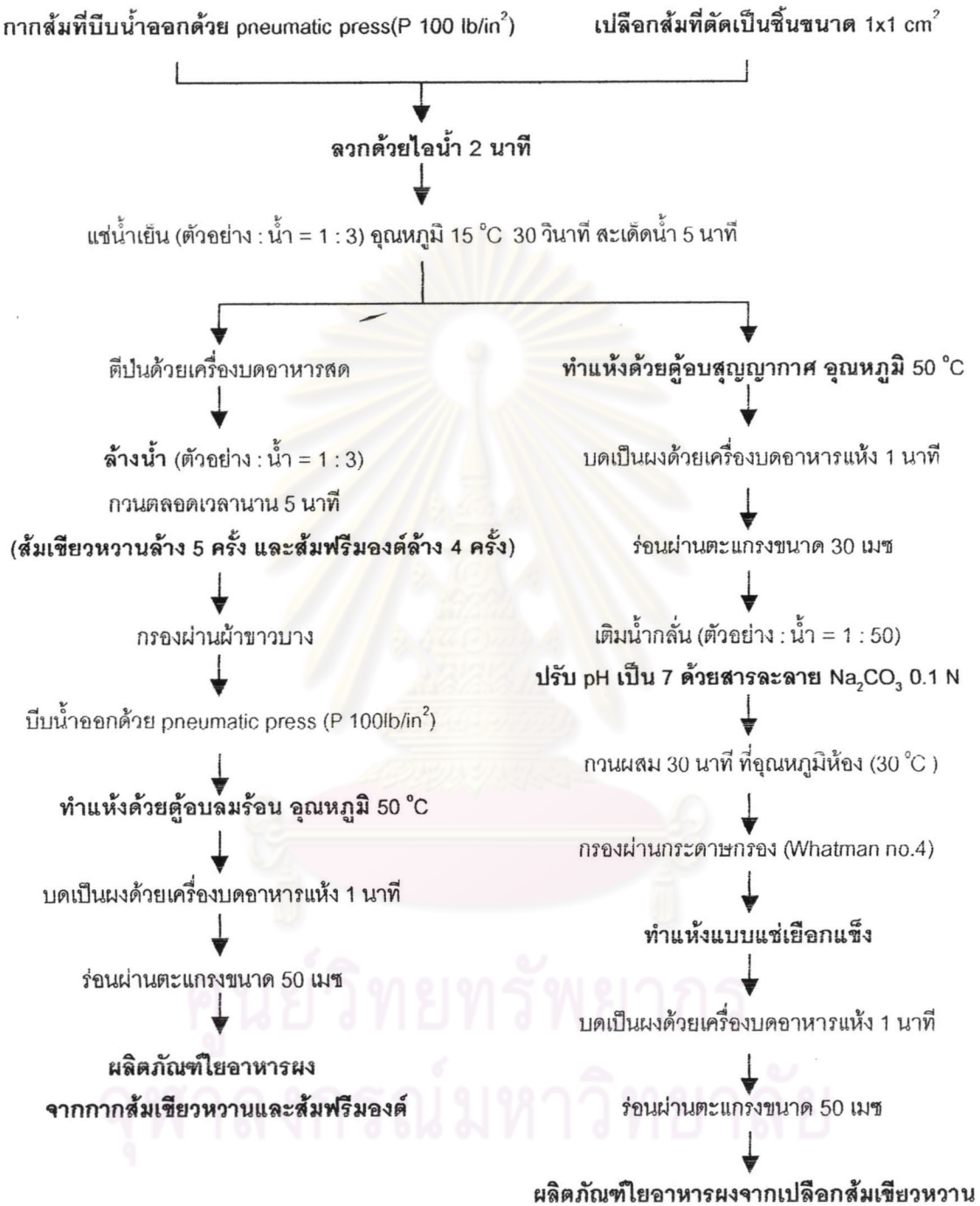
ค. สกัดลดความขมโดยใช้ NaOH ปรับ pH และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ง. สกัดลดความขมโดยใช้ Na_2CO_3 ปรับ pH และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

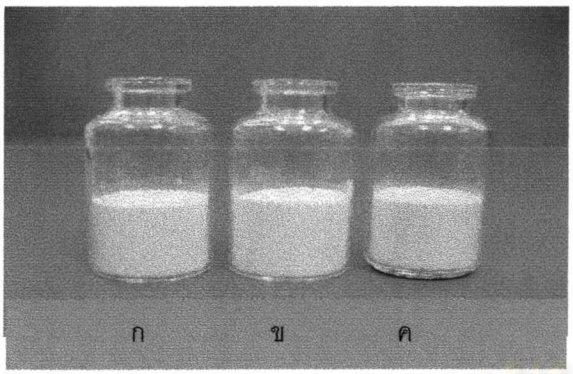
รูปที่ 4.12 ลักษณะและสี (Munsell color) ของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ภาวะในการผลิตต่างๆ

จากรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีของผงเปลือกส้มในขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน จะเห็นได้ว่าการสกัดหรือการลดความขมในผงเปลือกส้มมีผลให้สีของผงเปลือกส้มซีดจางลง เมื่อปรับปรุงสีโดยการแช่เยือกแข็งและการใช้ Na_2CO_3 ปรับ pH สีดีขึ้นแต่ยังคงอ่อนกว่าในผงเปลือกส้มก่อนการสกัด

จากผลการศึกษาการผลิตใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนในการผลิตได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 สรุปขั้นตอนที่เลือกในการผลิตใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม



ก. กากส้มเขียวหวาน
ข. กากส้มฟรีมองต์
ค. เปลือกส้มเขียวหวาน

รูปที่ 4.14 ลักษณะใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

จากกระบวนการผลิตใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้มข้างต้น ประเมินร้อยละของผลผลิตได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ร้อยละของผลผลิตของกระบวนการผลิตใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

ชนิดของใยอาหารผง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ร้อยละของผลผลิต (โดยน้ำหนักแห้ง)
กากส้มเขียวหวาน	39.94 $\pm$ 0.21
กากส้มฟรีมองต์	35.24 $\pm$ 0.29
เปลือกส้มเขียวหวาน	49.25 $\pm$ 0.34

จากการประเมินร้อยละของผลผลิต พบว่า กระบวนการผลิตใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์และส้มเขียวหวานมีร้อยละของผลผลิต 39.94 และ 35.24 ส่วนกระบวนการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีร้อยละของผลผลิต 49.25

4.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ และเปลือกส้มเขียวหวาน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

องค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนักแห้ง)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ชนิดของใยอาหารผง		
	กากส้มเขียวหวาน	กากส้มฟรีมองต์	เปลือกส้มเขียวหวาน
ไขมัน	0.38 ± 0.13	0.44 ± 0.11	4.05 ± 0.17
โปรตีน	6.27 ± 0.43	6.73 ± 0.36	8.41 ± 2.20
เถ้า	3.76 ± 0.06	3.44 ± 0.04	6.60 ± 0.11
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	61.17 ± 1.36	67.81 ± 1.19	52.22 ± 1.62
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	19.76 ± 0.79	16.55 ± 0.54	23.87 ± 0.81
คาร์โบไฮเดรต	5.01	5.03	4.85
แคโรทีนอยด์ (μg/g)	-	-	216.06 ± 20.63

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ และจากเปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด84.54 84.36 และ 76.09 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีใยอาหารที่ละลายน้ำคิดเป็น 23.37 19.62 และ 30.35 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณใยอาหารทั้งหมด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงที่ผลิตได้จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร

4.3.2 ผลการตรวจสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

ตรวจลักษณะของผลิตภัณฑ์ ค่าสีวัดเป็นค่า L, a, b ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า water activity ค่า bulk density ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมันของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.19 - 4.20

ตารางที่ 4.19 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

ชนิดของใยอาหารผง	ลักษณะ
กากส้มเขียวหวาน	ผงสีครีม– เหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
กากส้มฟรีมองต์	ผงสีส้มอ่อน ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
เปลือกส้มเขียวหวาน	ผงสีเหลือง มีกลิ่นส้มปานกลาง มีรสขมเล็กน้อย

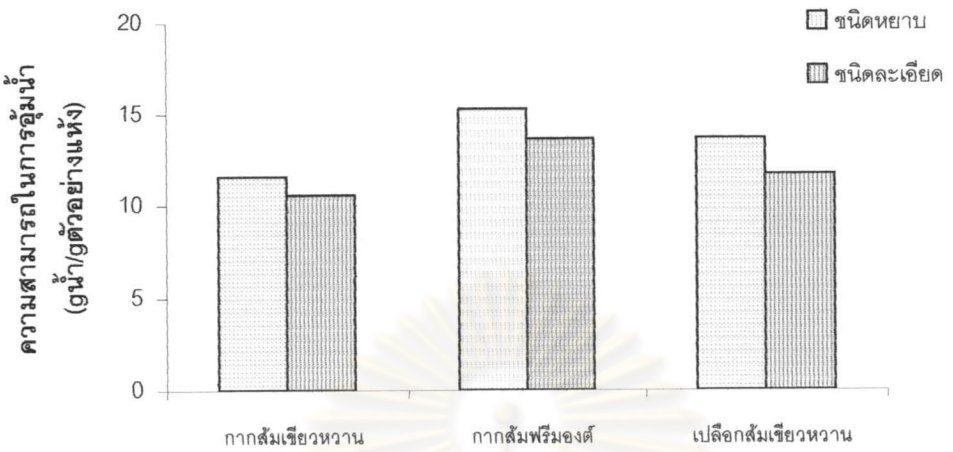
ตารางที่ 4.20 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

สมบัติ		ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ชนิดของใยอาหารผง		
		กากส้มเขียวหวาน	กากส้มฟรีมองต์	เปลือกส้มเขียวหวาน
สี	L	81.42 ± 0.31	83.46 ± 0.21	78.02 ± 0.22
	a	1.10 ± 0.13	-1.15 ± 0.08	-5.16 ± 0.13
	b	37.85 ± 0.30	35.99 ± 0.46	55.11 ± 0.34
pH		5.12 ± 0.02	5.16 ± 0.01	6.48 ± 0.01
Aw (water activity)		0.41 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.37 ± 0.01
Bulk density (g/ml)		0.43 ± 0.01	0.40 ± 0.02	0.16 ± 0.01
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (gน้ำ/gตัวอย่างแห้ง)		10.94 ± 0.37	13.76 ± 0.24	11.96 ± 0.30
ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (gน้ำมัน/gตัวอย่าง)		2.13 ± 0.11	2.25 ± 0.06	1.67 ± 0.09

จากการตรวจสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ใยอาหารผงจากกากส้มมีสีอ่อน ไม่มีรสขม และไม่มีกลิ่น ส่วนใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีสีเหลือง มีกลิ่นส้ม และมีรสขมเล็กน้อย ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์มีค่า pH water activity และ bulk density ใกล้เคียงกัน ใยอาหารผงจากเปลือกส้มมีความเป็นกรด และค่า bulk density ต่ำกว่าใยอาหารผงจากกากส้ม ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันสูงที่สุด

4.3.3 ผลของขนาดอนุภาคต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ

นำผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้มชนิดหยาบ (ขนาด 50-100 เมช) และชนิดละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 100 เมช) มาวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.15



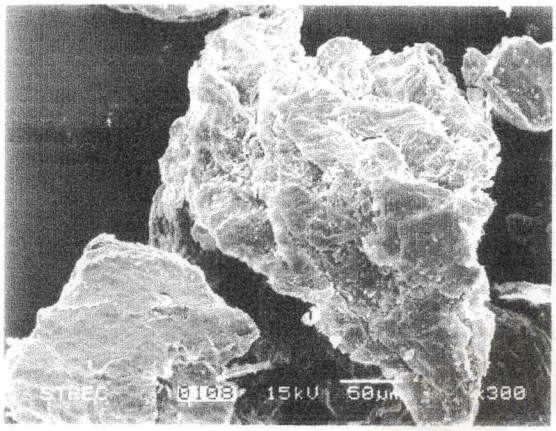
รูปที่ 4.15 ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงชนิดหยาบและชนิดละเอียด

จากการตรวจความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง เปรียบเทียบกันระหว่างอนุภาคชนิดหยาบและละเอียด พบว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงทั้งจากกากและเปลือกส้มให้ผลไปในทางเดียวกัน คือ อนุภาคชนิดหยาบมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าชนิดละเอียด

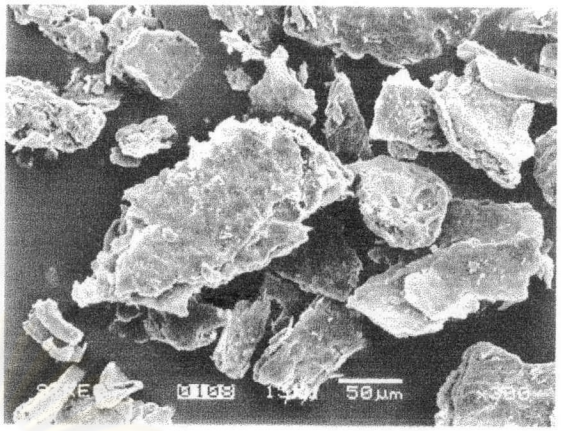
4.3.4 ผลการตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

ตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ และเปลือกส้มเขียวหวาน ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscrope (SEM) ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.16

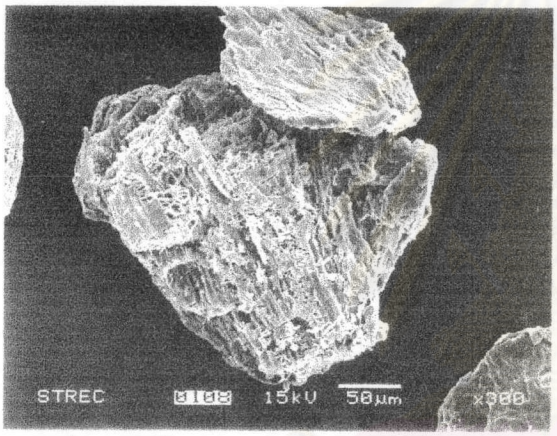
จากการตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ และเปลือกส้มเขียวหวาน ด้วยเครื่อง SEM พบว่าลักษณะอนุภาคของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงทั้งสามชนิดมีรูปร่างไม่แน่นอน ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มมีรูปร่างค่อนข้างแบน มีช่องว่างลักษณะเป็นท่อยาวๆ เป็นชั้นๆ พื้นผิวค่อนข้างเรียบ โดยผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์พื้นผิวค่อนข้างหยาบกว่ากากส้มเขียวหวาน ส่วนผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีอนุภาคหนากว่า มีความพรุนมากลักษณะคล้ายฟองน้ำ ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงชนิดหยาบและชนิดละเอียดมีลักษณะอนุภาคไม่ค่อยแตกต่างกัน



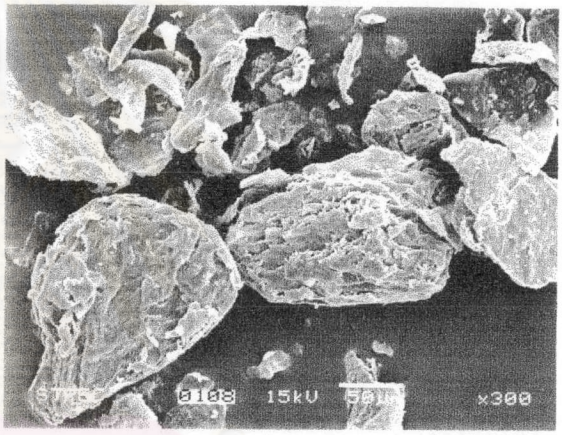
ก.1 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน ชนิดหยาบ



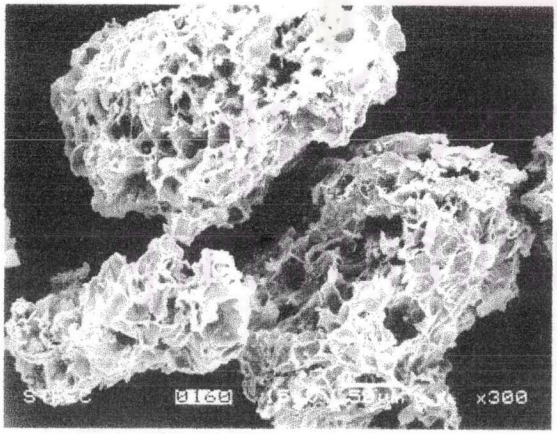
ก.2 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน ชนิดละเอียด



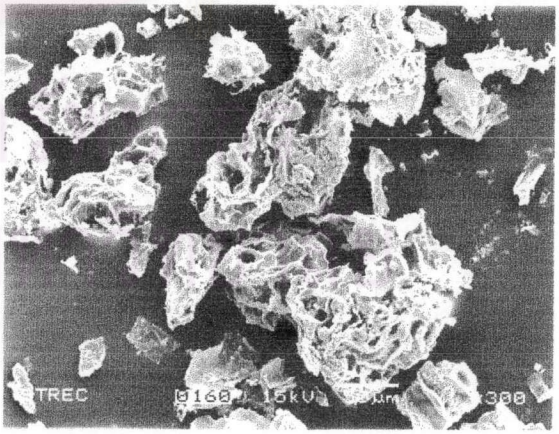
ข.1 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ ชนิดหยาบ



ข.2 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ ชนิดละเอียด



ค.3 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานชนิดหยาบ

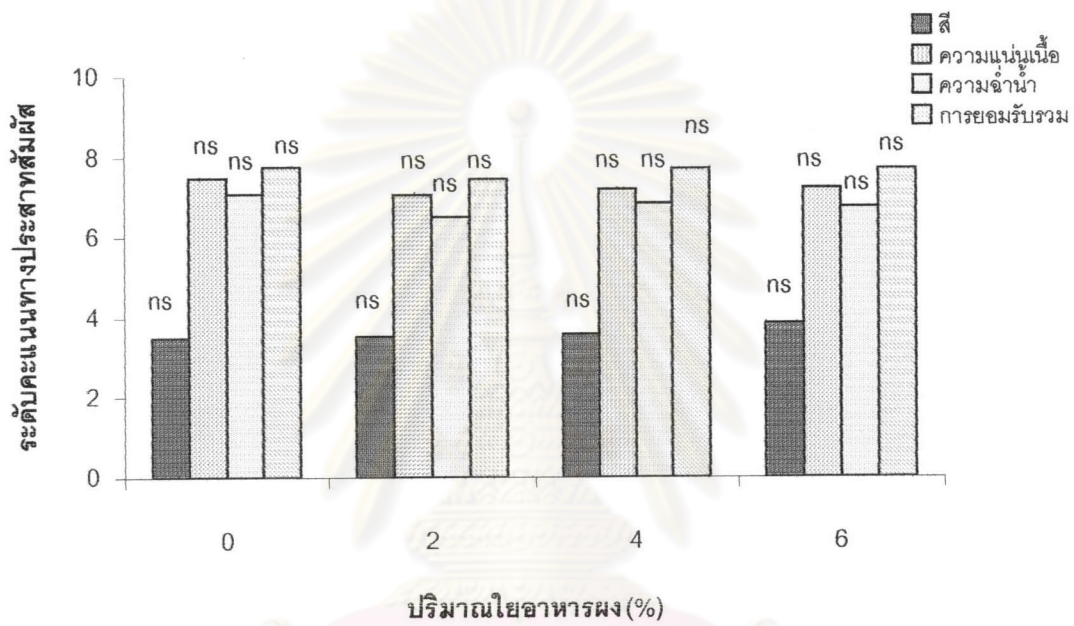


ค.3 ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานชนิดละเอียด

รูปที่ 4.16 Scanning electron micrograph ของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

4.4 ผลการใช้ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมอบ

ทำการทดลองเสริมใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ และเปลือกส้มเขียวหวานในผลิตภัณฑ์เค้กถ้วย แปรปริมาณใยอาหารในสูตรเป็น 0 2 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของแป้งในสูตร ประเมินคะแนนทางประสาท ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.17 – 4.18

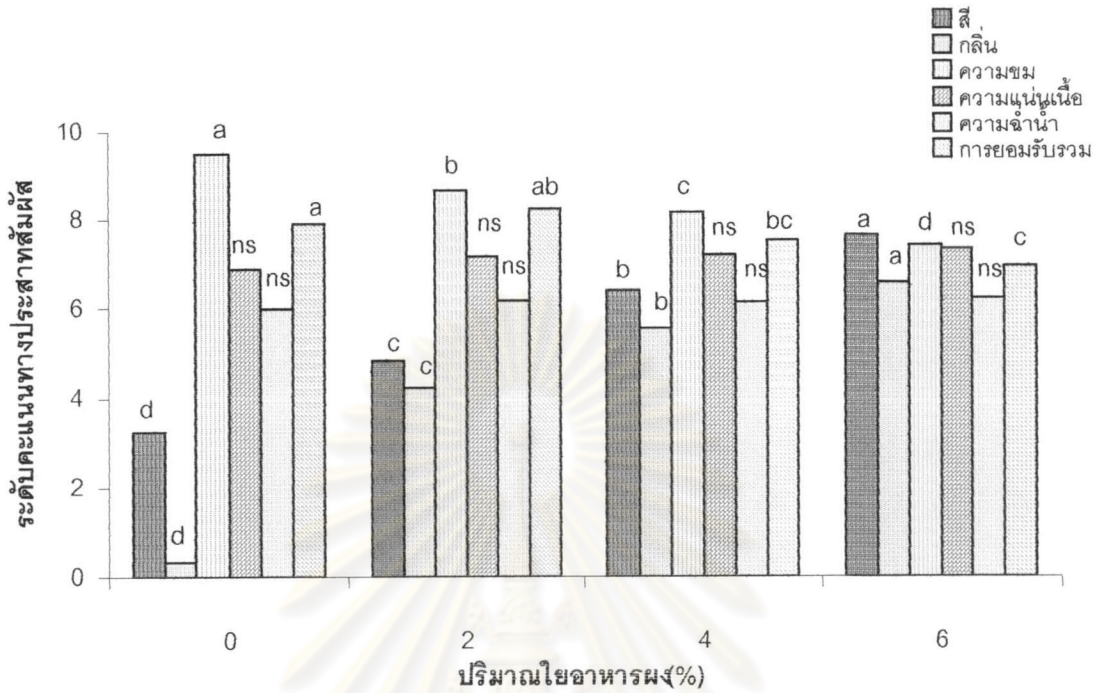


รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อสี ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เค้กถ้วยเสริมใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ 0 - 6 %

คะแนน 0 หมายถึง สีเหลืองน้อย ความแน่นเนื้อน้อย ความฉ่ำน้ำน้อย และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง สีเหลืองมาก ความแน่นเนื้อมาก ความฉ่ำน้ำมาก และการยอมรับรวมมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไม่พบอิทธิพลของปริมาณใยอาหารผงต่อคะแนนสี ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เค้กถ้วย ($p \leq 0.05$) โดยเค้กที่มีการเสริมใยอาหารผงจากกากส้มมีคะแนนดังกล่าวไม่แตกต่างจากเค้กที่ไม่เสริมใยอาหารผง

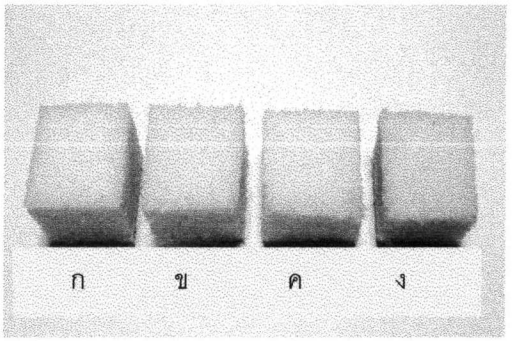


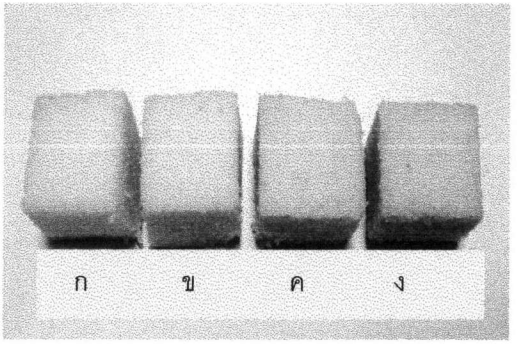
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความพอใจต่อสี ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เค้กถ้วยเสริมใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน 0 - 6 %

คะแนน 0 หมายถึง สีเหลืองน้อย ไม่มีกลิ่นส้ม ขมมาก ความแน่นเนื้อน้อย ความฉ่ำน้ำน้อย และไม่ยอมรับ

คะแนน 10 หมายถึง สีเหลืองมาก กลิ่นส้มมาก ไม่ขม ความแน่นเนื้อมาก ความฉ่ำน้ำมาก และการยอมรับรวมมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบอิทธิพลของปริมาณใยอาหารผงต่อคะแนนสี กลิ่น ความขม และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เค้กถ้วย ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนสี และกลิ่นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณใยอาหารผงเพิ่มขึ้น ในขณะที่คะแนนความขมและการยอมรับรวมลดลง เค้กที่เสริมใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน 2 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างจากเค้กที่ไม่เสริมใยอาหารผง และคะแนนการยอมรับรวมของเค้กที่เสริมใยอาหารผง 4 - 6 เปอร์เซ็นต์ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้





เค้กเสริมใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ เค้กเสริมใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน

ก. control

ข. ปริมาณใยอาหารผง 2 %

ค. ปริมาณใยอาหารผง 4 %

ง. ปริมาณใยอาหารผง 6 %

รูปที่ 4.19 ผลิตภัณฑ์เค้กเสริมใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย