

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 สถานะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ การสกัด และการแยกเส้นใยอาหาร จากกากสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย

##### 4.1.1 สถานะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกและแกนสับประรด

สถานะที่เหมาะสมในการศึกษาในตอนนี้ พิจารณาจากปัจจัย (factors) ดังต่อไปนี้ (i) เตรียมวัตถุดิบ (เปลือก และแกนสับประรด) ซึ่งได้แก่ การลดขนาดให้มีความเหมาะสม และ (ii) สถานะในการสกัด ซึ่งได้แก่ อัตราส่วน น้ำ : กากสับประรด (โดยน้ำหนัก) ค่า pH เริ่มต้น อุณหภูมิ และเวลาในการสกัดด้วยความร้อน (ตารางที่ 8) โดย สิ่งตอบสนอง (responses) ที่ใช้เป็นเงื่อนไข ในการตัดสินใจ (constraints) คือ ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (crude fiber) และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (yield)

ผลการศึกษาพบว่า สถานะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักสูงสุดของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากเปลือกสับประรด คือ การเตรียมเปลือกสับประรดให้มีขนาด 9.99 มิลลิเมตร แล้วแช่ในน้ำสะอาดโดยใช้อัตราส่วนน้ำ : เปลือกสับประรด เท่ากับ 50:50 (โดยน้ำหนัก) ปรับค่า pH เริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 4.43 จากนั้นทำการสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที จากภาพที่ ก-10 (ภาคผนวก)

ตารางที่ 8 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ศึกษาในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างและการสกัดเส้นใยอาหารจากกากสับประรด โดยแผนการทดลองแบบ Central Composite Design

ปัจจัย/สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับ	
		-1 (ต่ำ)	+1 (สูง)
ขนาดของกากสับประรด (A)	มิลลิเมตร	2.5	12.5
อัตราส่วน น้ำ : กากสับประรด (B)	โดยน้ำหนัก	50:50	67:33
ค่า pH เริ่มต้น (C)	-	3	5
อุณหภูมิในการให้ความร้อน (D)	องศาเซลเซียส	60	90
เวลาในการให้ความร้อน (E)	นาที	5	177.5

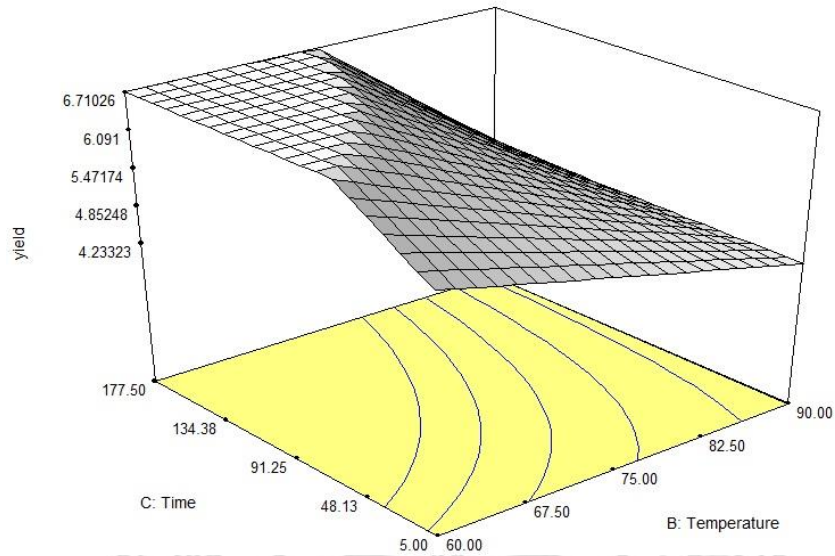
ตารางที่ 9 ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (Crude fiber) และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (yield) ที่ได้จากเปลือกสับประรด ที่สภาวะต่าง ๆ ในการศึกษา

การทดลองที่	ปัจจัย					ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (%) (w/w) ของน้ำหนักสด	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด(%)
	A (มิลลิเมตร)	B (โดยน้ำหนัก)	C	D (องศาเซลเซียส)	E (นาที)		
1	5	67:33	3.5	70	5	30.76	3.94
2	10	50:50	3.5	70	5	28.10	3.48
3	5	50:50	3.5	90	5	29.35	3.96
4	10	67:33	3.5	90	5	35.97	3.75
5	5	50:50	3.5	70	120	28.13	3.70
6	10	67:33	3.5	70	120	31.81	3.75
7	5	67:33	3.5	90	120	30.71	4.09
8	10	50:50	3.5	90	120	28.82	3.37
9	5	50:50	4.5	70	5	33.33	3.64
10	10	67:33	4.5	70	5	31.41	3.85
11	5	67:33	4.5	90	5	33.11	3.59
12	10	50:50	4.5	90	5	31.23	4.18
13	5	67:33	4.5	70	120	33.02	4.07

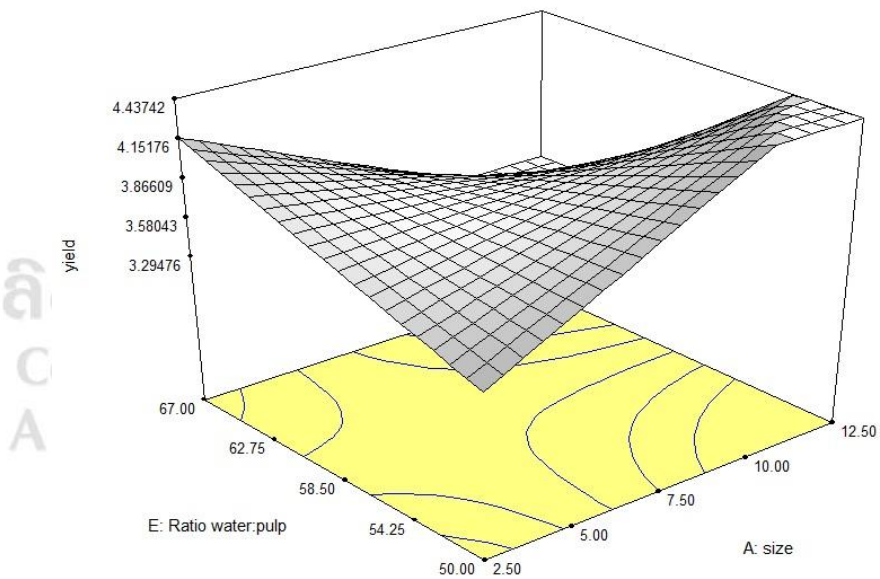
ตารางที่ 9 (ต่อ)

การทดลองที่	ปัจจัย					ปริมาณเส้นใยอาหาร หยาบ (%) (w/w ของ น้ำหนักสด)	อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของ เส้นใยที่สกัด ได้น้ำหนัก ตัวอย่าง ทั้งหมด(%)
	A (มิลลิเมตร)	B (โดยน้ำหนัก)	C	D (องศา เซลเซียส)	E (นาท)		
14	10	50:50	4.5	70	120	31.07	6.85
15	5	50:50	4.5	90	120	31.51	4.07
16	10	67:33	4.5	90	120	30.71	1.73
17	2.5	58.5:41.5	4	80	62.5	31.80	3.26
18	12.5	58.5:41.5	4	80	62.5	24.71	3.67
19	7.5	58.5:41.5	4	60	62.5	32.80	3.85
20	7.5	58.5:41.5	4	80	177.5	30.73	3.71
21	7.5	58.5:41.5	3	80	62.5	29.57	3.45
22	7.5	58.5:41.5	5	80	62.5	30.30	4.14
23	7.5	75.5:24.5	4	80	62.5	32.32	3.57
24	7.5	58.5:41.5	4	80	62.5	31.06	3.94

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพที่ 14 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด ปัจจัยคืออุณหภูมิและเวลา



ภาพที่ 15 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด ปัจจัยคือขนาดและอัตราส่วนของน้ำต่อกาก

ปัจจัยที่ศึกษาส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบที่วิเคราะห์ได้น้อยมาก อย่างไรก็ตาม ปริมาณอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากเปลือกสับประรด ผันแปรอย่างมากตามระดับของปัจจัยที่ศึกษา (ตารางที่ 9) โดยค่าเฉลี่ยปริมาณเส้นใยอาหารหยาบจากเปลือกสับประรดมีค่าประมาณ 30.93 % (ฐานแห้ง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Ackom and Tano-Debrah (2012) ที่วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารหยาบจากเปลือกสับประรดได้ประมาณ 30 % (ฐานแห้ง) แต่น้อยกว่าค่าเส้นใยจากกากสับประรดในงานวิจัยของนิรมลและธีรวัฒน์ (2544) มีการนำ ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) เข้ามาใช้ในการสกัด ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Chelating agent ทำหน้าที่จับ Binding cation และสามารถสกัดสารจำพวก pectin ออกจาก cellulose และ hemicellulose ได้ (Kay, 1982; Anderson and Clydesdale, 1980)

ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากเปลือกสับประรดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่า 3.82% (w/w ของน้ำหนักสด) โดยมีค่ามากกว่าการทดลองของ Prakongpan *et al.* (2002) ซึ่งทำการทดลองสกัดเส้นใยอาหารจากแกนสับประรด และได้ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด 1.81% (w/w ของน้ำหนักสด) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาสกัด ตลอดจนสถานะที่ใช้ในการสกัด

การลดขนาดเปลือกสับประรดมีผลต่อปริมาณอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (ภาพที่ 14) ขนาดชิ้นสับประรดที่เหมาะสมไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไปจะช่วยทั้งในด้านการเพิ่มผิวสัมผัส และการลดการสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารเมื่อเทียบกับเปลือกสับประรดที่มีขนาดเล็กจนเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Larrauri *et al.* (1996) ที่พบว่า การหั่นชิ้นมะม่วงขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ได้เส้นใยอาหารที่มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารหยาบสูงกว่าการหั่นชิ้นมะม่วงขนาดเล็ก

ปริมาณเส้นใยอาหารที่ผลิตได้จะผันแปรตามอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากของเปลือกสับประรด โดยพบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากของเปลือกสับประรดเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบทั้งหมดจะลดลง (ภาพที่ 14) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากของเปลือกสับประรดเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารในขั้นตอนการล้างมากขึ้น (Larrauri, 1999)

ค่า pH ในช่วงระหว่าง 3.0 ถึง 5 ส่งผลต่อ ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด อย่างไรก็ตามไม่ควรสกัดเส้นใยอาหารที่สถานะที่มีค่า pH ต่ำเกินไป เนื่องจากสถานะที่มีความเป็นกรดมาก จะทำลายพันธะของเส้นใยอาหาร (อักรเดช และคณะ, 2553)

การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงขึ้นประมาณ 70 องศาเซลเซียส และเพิ่มเวลาการสกัดให้นานขึ้น (ภาพที่ 13) จะส่งผลอย่างมากต่ออัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดเนื่องจากน้ำตาล อะราบินโนส (arabinose) กาแลคโตส (galactose) และกลูโคส (glucose) ที่เป็นส่วนประกอบในเส้นใยอาหารทั้งที่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Larrauri *et al.*, 1996) ถูกกำจัดออกไป ผ่านการให้ความร้อนที่ช่วยให้การละลายของน้ำตาลเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จากแกนสับประรด คือ การเตรียมแกนสับประรดให้มีขนาด 10 มิลลิเมตร แล้วแช่ในน้ำสะอาดโดยใช้อัตราส่วนน้ำ : แกนสับประรด เท่ากับ 67:33 (โดยน้ำหนัก) ปรับค่า pH เริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 4.49 จากนั้นทำการสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 102.8 นาที จากภาพที่ ก-11 (ภาคผนวก)

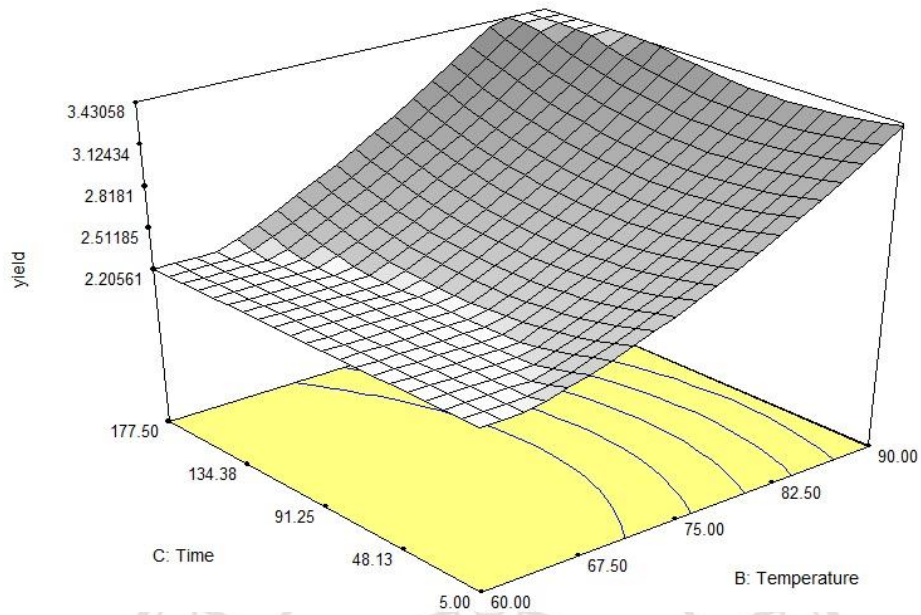
**ตารางที่ 10** ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (Crude fiber) และอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (yield) จากแกนสับประรด ที่สภาวะต่าง ๆ ในการศึกษา

การทดลองที่	ปัจจัย					ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (%) (w/w ของน้ำหนักสด)	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด(%)
	A (มิลลิเมตร)	B (โดยน้ำหนัก)	C	D (องศาเซลเซียส)	E (นาที)		
1	5	67:33	3.5	70	5	34.13	2.35
2	10	50:50	3.5	70	5	34.85	2.28
3	5	50:50	3.5	90	5	33.20	2.24
4	10	67:33	3.5	90	5	35.36	2.46
5	5	50:50	3.5	70	120	33.10	2.69
6	10	67:33	3.5	70	120	37.41	2.54
7	5	67:33	3.5	90	120	37.50	2.25
8	10	50:50	3.5	90	120	38.79	1.96
9	5	50:50	4.5	70	5	36.06	2.44
10	10	67:33	4.5	70	5	40.93	2.44
11	5	67:33	4.5	90	5	36.42	2.77

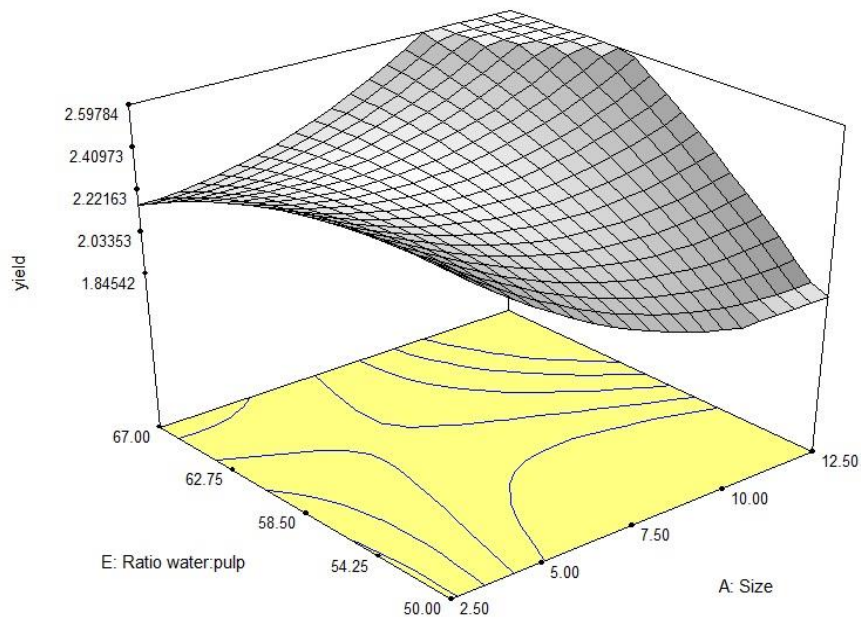
ตารางที่ 10 (ต่อ)

การทดลองที่	ปัจจัย					ปริมาณเส้นใยอาหาร หยาบ (%) (w/w ของ น้ำหนักสด)	อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของเส้น ใยที่สกัดได้ต่อ น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด(%)
	A (มิลลิเมตร)	B (โดย น้ำหนัก)	C	D (องศา เซลเซียส)	E (นาที)		
12	10	50:50	4.5	70	120	37.73	1.12
13	5	50:50	4.5	90	120	34.57	2.31
14	10	67:33	4.5	90	120	36.24	3.56
15	2.5	58.5:41.5	4	80	62.5	39.57	2.24
16	12.5	58.5:41.5	4	80	62.5	35.60	2.60
17	7.5	58.5:41.5	4	60	62.5	31.73	2.26
18	7.5	58.5:41.5	4	80	177.5	31.28	2.50
19	7.5	58.5:41.5	3	80	62.5	35.55	2.16
20	7.5	58.5:41.5	5	80	62.5	32.45	2.30
21	7.5	75.5:24.5	4	80	62.5	36.57	2.18
22	7.5	58.5:41.5	4	80	62.5	35.71	2.28
23	7.5	58.5:41.5	4	80	62.5	35.71	2.28
24	7.5	58.5:41.5	4	80	62.5	35.71	2.28

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพที่ 16 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากแกนสับปะรด ปัจจัยคืออุณหภูมิและเวลา



ภาพที่ 17 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากแกนสับปะรด ปัจจัยคือขนาดและอัตราส่วนของน้ำต่อกาก



ปัจจัยที่ศึกษาส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบที่วิเคราะห์ได้น้อยมาก อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จากแกนสับประรด ผันแปรอย่างมากตามระดับของปัจจัยที่ศึกษา (ตารางที่ 10) โดยค่าเฉลี่ยปริมาณเส้นใยอาหารหยาบจากแกนสับประรดมีค่าประมาณ 35.61 % (ฐานแห้ง) ค่าเฉลี่ย อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดของเส้นใยของแกนสับประรด มีค่า 2.37 % (w/w ของน้ำหนักสด) โดยมีค่ามากกว่าการทดลองของ Prakongpan *et al.* (2002) ซึ่งทำการทดลองสกัดเส้นใยอาหารจากแกนสับประรด และได้อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดของเส้นใย 1.81% (w/w ของน้ำหนักสด) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาสกัด ตลอดจนสถานะที่ใช้ในการสกัด

การลดขนาดแกนสับประรดมีผลต่ออัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดเส้นใยอาหารที่สกัดได้ (ภาพที่ 16) เนื่องจาก ขนาดชิ้นแกนสับประรดที่ใหญ่ขึ้น จะทำให้ลดการสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารเมื่อเทียบกับแกนสับประรดที่มีขนาดเล็กจนเกินไป อีกทั้งช่วยในด้านการเพิ่มผิวสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Larrauri *et al.* (1996) พบว่าการหั่นชิ้นมะม่วงขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ได้เส้นใยอาหารที่มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารหยาบสูงกว่าการหั่นชิ้นมะม่วงขนาดเล็ก

ปริมาณเส้นใยอาหารที่ผลิตได้จะผันแปรตามอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากของแกนสับประรด (ภาพที่ 16) โดยพบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากของแกนสับประรดเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารในขั้นตอนการล้าง (Larrauri, 1999)

ค่า pH ในช่วงระหว่าง 3.0 ถึง 5 ส่งผลต่ออัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารหยาบของแกนสับประรดไม่แตกต่างกัน แต่ไม่ควรใช้ pH ต่ำเกินไป เนื่องจาก pH ที่ต่ำ มีความเป็นกรดมาก จะทำลายพันธะของเส้นใยอาหาร (อัครเดช และคณะ, 2553)

การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงขึ้นประมาณ 90 องศาเซลเซียส และเพิ่มเวลาการสกัดมากขึ้น จะส่งผลต่ออัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดเส้นใยอาหาร (ภาพที่ 15) เนื่องจากน้ำตาล อะราบินโนส (Arabinose) กาแลคโตส (Galactose) และกลูโคส (Glucose) เป็นส่วนประกอบในเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Larrauri *et al.*, 1996) ดังนั้นในขั้นตอนการสกัดเพื่อให้ได้เส้นใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์ จึงต้องกำจัดส่วนประกอบของน้ำตาลในเส้นใยออกไปให้ได้มากที่สุด โดยผ่านการให้ความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ajila and Prasada Rao (2013) กล่าวคือปริมาณกลูโคสลดลง เมื่อมะม่วงผ่านการต้มสุกแล้ว

#### 4.1.2 ผลของวิธีเชิงกลที่ใช้ในการแยกกากเส้นใยอาหารจากสารละลายของเปลือกและแกน สับประรดในเอทานอลก่อนการอบแห้ง

การศึกษาสภาวะที่ดีที่สุดของขั้นตอนการสกัดแยกเปลือกและแกนสับประรดออกจากสารละลายเอทานอล พบว่า การแยกด้วย Filtration เป็นการแยกที่ให้อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 11 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกรองด้วยกระดาษกรองสามารถกรองเส้นใยที่มีขนาดอนุภาคเล็กได้มาก และมีการสูญเสียเส้นใยขณะทำการกรองเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับกรองด้วยวิธี Gravity setting และ Hydraulic pressing ซึ่งการแยกด้วยวิธี Hydraulic pressing แสดงอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดต่ำที่สุด เนื่องจาก มีเส้นใยจำนวนหนึ่งติดอยู่กับถุงผ้าขณะทำการบีบอัด

ตารางที่ 11 ผลจากวิธีการแยกเชิงกลต่อการแยกเส้นใยอาหารจากสารละลายของเปลือกและแกน สับประรดในเอทานอล

สับประรด	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%)		
	Gravity setting	Hydraulic pressing	Filtration
เปลือก	3.91 <sup>b</sup> ± 0.01	3.41 <sup>c</sup> ± 0.08	4.38 <sup>a</sup> ± 0.02
แกน	2.49 <sup>b</sup> ± 0.04	2.20 <sup>c</sup> ± 0.04	2.92 <sup>a</sup> ± 0.01

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจุบันเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### 4.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการระเหยต่อความเข้มข้นของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ในกระแสของเหลว

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการระเหยต่อความเข้มข้นของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากเปลือกสับประรดได้แสดงในตาราง 12 ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุดคือ  $75.33 \pm 0.53$  °Brix ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนที่อุณหภูมิ 70 และ 60 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลงตามลำดับ ( $P \leq 0.05$ ) และที่เวลา 60 นาที ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงที่สุด คือ  $53.40 \pm 31.54$  °Brix ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกัน คือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตาม เนื่องจาก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น พันธะไฮโดรเจนที่ยึดกันในโมเลกุลของน้ำมีความแข็งแรงลดลง (นิธิยา, 2557) น้ำจึงระเหยเป็นไอและส่งผลให้สารละลายเส้นใยละลายน้ำได้จากเปลือกสับประรดมีความเข้มข้นขึ้น

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการเพิ่มความเข้มข้นของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกสับประรด

ปัจจัย	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
60	7.28 <sup>c</sup> ± 1.12
70	52.93 <sup>b</sup> ± 22.24
80	75.33 <sup>a</sup> ± 0.53
เวลา (นาที)	
40	35.83 <sup>b</sup> ± 31.75
50	46.32 <sup>ab</sup> ± 31.26
60	53.40 <sup>a</sup> ± 31.54
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) × เวลา (นาที)	
60 × 40	6.00 <sup>h</sup> ±0.00
60 × 50	7.35 <sup>g</sup> ±0.07
60 × 60	8.50 <sup>f</sup> ±0.14
70 × 40	26.40 <sup>e</sup> ±0.00
70 × 50	56.70 <sup>d</sup> ±0.14
70 × 60	75.70 <sup>b</sup> ±0.14
80 × 40	75.10 <sup>c</sup> ±0.14
80 × 50	74.90 <sup>c</sup> ±0.14
80 × 60	76.00 <sup>a</sup> ±0.00

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการระเหยต่อความเข้มข้นของสารละลาย เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากแกนสับประรดได้แสดงดังตาราง 13 ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุดคือ  $67.63 \pm 7.22$  °Brix ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนที่อุณหภูมิ 70 และ 60 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลงตามลำดับ ( $P \leq 0.05$ ) และที่เวลา 60 นาที ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงที่สุด คือ  $46.50 \pm 33.55$  °Brix ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกัน คือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เนื่องจาก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น พันธะไฮโดรเจนที่ยึดกันในโมเลกุลของน้ำมีความแข็งแรงลดลง (นิธิยา, 2557) ส่งผลให้น้ำระเหยเป็นไอและสารละลายเส้นใยละลายน้ำได้จากแกนสับประรดมีความเข้มข้นขึ้น



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการเพิ่มความเข้มข้นของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากแกนสับประรด

ปัจจัย	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
60	3.63 <sup>c</sup> ± 0.43
70	29.00 <sup>b</sup> ± 24.53
80	67.63 <sup>a</sup> ± 7.22
เวลา (นาที)	
40	23.20 <sup>b</sup> ± 27.80
50	31.47 <sup>b</sup> ± 30.08
60	46.50 <sup>a</sup> ± 33.55
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) × เวลา (นาที)	
60 × 40	3.10 <sup>h</sup> ± 0.14
60 × 50	3.80 <sup>g</sup> ± 0.00
60 × 60	4.00 <sup>g</sup> ± 0.00
70 × 40	7.50 <sup>f</sup> ± 0.14
70 × 50	21.70 <sup>c</sup> ± 0.14
70 × 60	60.50 <sup>c</sup> ± 0.14
80 × 40	59.00 <sup>d</sup> ± 0.00
80 × 50	68.90 <sup>b</sup> ± 0.14
80 × 60	75.00 <sup>a</sup> ± 0.00

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### 4.3 สถานะที่เหมาะสมในการทำแห้งสารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำได้และเส้นใยไม่ละลายน้ำเพื่อผลิตเป็นเส้นใยอาหารผง

#### 4.3.1 ผลของอุณหภูมิขาเข้าต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ผลการศึกษาอุณหภูมิขาเข้าในขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อค่าสี อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ และปริมาณความชื้น แสดงดังตารางที่ 14

เส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดมีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี แสดงค่าในช่วง 91.12-91.39 มีความสว่างใกล้เคียงสีขาว ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว แสดงค่าในช่วง 0.63 - 0.84 มีค่าเป็นบวก อยู่ในช่วงสีแดง ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน แสดงค่าในช่วง 3.09 - 3.87 มีค่าเป็นบวก อยู่ในช่วงสีเหลือง ค่าที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือมีความสว่างมาก แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากอุณหภูมิขาเข้าส่งผลต่อความแตกต่างด้านค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อาจเนื่องจากปริมาณมอลโตเด็คซ์ทรินที่ผสมลงในสารละลายส่งผลให้ค่าสีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากการผันแปรอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่ออุณหภูมิขาเข้าสูงขึ้นปริมาณผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิขาเข้าที่สูงส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และไม่เกิดการเหนียวติดที่บริเวณภายในผนังเครื่องอบแห้ง ซึ่งที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $14.53 \pm 0.04 \%$  แต่ที่อุณหภูมิขาเข้า 170 องศาเซลเซียส อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารละลายจากเปลือกสับปะรดเกิดการไหม้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บางส่วนติดอยู่บริเวณภายในผนังเครื่องอบแห้ง ปริมาณของผงที่สะสมบริเวณผนังเครื่องอบแห้งจากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ หากเกิดการสะสมบริเวณผนังเครื่อง อนุภาคที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะเหนียวติดกับผนังเครื่องอบแห้ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าลดลง (Master, 1991)

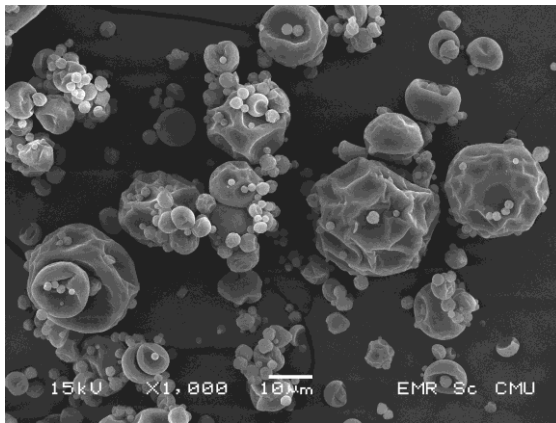
ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $P \leq 0.05$ ) ที่สภาวะการทำแห้งอุณหภูมิเข้า 150 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $1.46 \pm 0.01$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Lei *et al.* (2015) ที่ทำการเปรียบเทียบขั้นตอนและคุณสมบัติของเส้นใยอาหารละลายน้ำจากเปลือกส้ม ตัวอย่างเตรียมโดยใช้เอนไซม์และผ่านการทำให้แห้งจนได้เส้นใยอาหารผง มีค่าไขมันน้ำมันที่  $1.76 \pm 0.32$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

ค่า Bulk density ของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ค่า Packed density มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าที่ได้จะลดลงตามลำดับ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิความร้อนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณลักษณะของเส้นใยอาหารมีการเปลี่ยนแปลงบางส่วนประกอบจากน้ำตาลเกิดการไหม้ ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยอาหารลดลง ค่า Packed density จึงลดลงตามลำดับ ส่วนค่า Hydrated density และ Water retention capacity ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจาก ตัวอย่างเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและมีส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งมอลโตเด็กซ์ทรินมีความสามารถในการละลายได้ดี อันเป็นคุณลักษณะของโครงสร้างเฉพาะของเม็ดสตาร์ช (Loksuwan, 2006) และเนื่องจากมอลโตเด็กซ์ทรินมีปริมาณน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กในสัดส่วนที่มาก (เกือบ 2544) เมื่อใส่ตัวอย่างลงในกระบอกตวงที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายบรรจุอยู่ จึงส่งผลให้ตัวอย่างถูกทำละลายและไม่สามารถหาค่าได้ เพราะมอลโตเด็กซ์ทรินมีส่วนช่วยในการละลาย (Alexander, 1992)

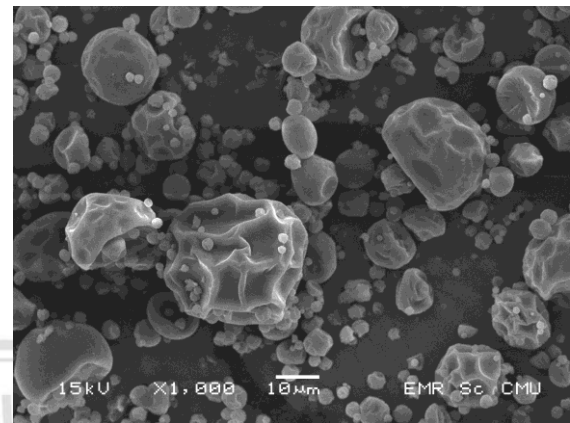
ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรด พบว่าที่อุณหภูมิ 140 และ 160 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุดใกล้เคียงกัน ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่า  $0.92 \pm 0.06\%$  โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนจากเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยระเหยเอาไอน้ำออกไป ปริมาณความชื้นในเส้นใยอาหารจึงลดลง

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรด โดยผ่านการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 18) อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 19) และที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีพื้นที่ผิวมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณความชื้นที่ได้จึงมีค่าลดลง

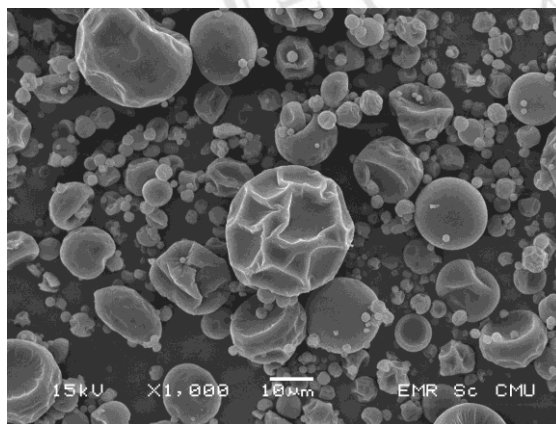
ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรด มีค่า 0.26 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง จากตาราง ง-1 (ภาคผนวก)



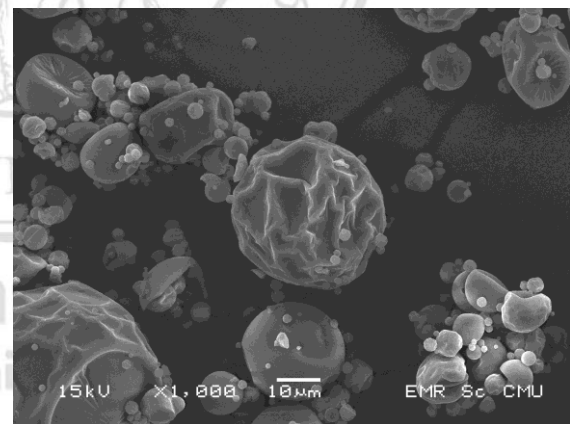
ภาพที่ 18 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 19 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 20 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 21 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ตารางที่ 14 ผลของอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งแบบ Spray drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้

วิธีทำแห้ง	สถานะการทำแห้ง	ค่าสี			อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของเส้นใย ที่สกัดได้ต่อ น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด (%)	ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
	อุณหภูมิขาเข้า (องศาเซลเซียส)	L*	a*	b*		Water retention capacity	Oil retention capacity (g oil/g sample)
Spray drying	140	91.12 <sup>d</sup> ±0.00	0.72 <sup>b</sup> ±0.01	3.87 <sup>a</sup> ±0.00	13.55 <sup>c</sup> ±0.03		1.33 <sup>b</sup> ±0.02
	150	91.39 <sup>a</sup> ±0.00	0.63 <sup>c</sup> ±0.01	3.62 <sup>b</sup> ±0.01	12.69 <sup>d</sup> ±0.02		1.46 <sup>a</sup> ±0.01
	160	91.13 <sup>c</sup> ±0.00	0.66 <sup>c</sup> ±0.01	3.47 <sup>c</sup> ±0.01	14.53 <sup>a</sup> ±0.04		1.24 <sup>c</sup> ±0.04
	170	91.24 <sup>b</sup> ±0.01	0.84 <sup>a</sup> ±0.03	3.09 <sup>d</sup> ±0.00	13.85 <sup>b</sup> ±0.02		1.12 <sup>d</sup> ±0.03

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง	ความหนาแน่น			ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
	อุณหภูมิขาเข้า (องศาเซลเซียส)	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density (g/cm <sup>3</sup> )	
Spray drying	140	0.50 ± 0.00	0.77 <sup>a</sup> ± 0.00		1.31 <sup>a</sup> ± 0.02
	150	0.50 ± 0.00	0.77 <sup>a</sup> ± 0.00		0.99 <sup>b</sup> ± 0.01
	160	0.50 ± 0.00	0.72 <sup>b</sup> ± 0.00		1.45 <sup>a</sup> ± 0.16
	170	0.50 ± 0.00	0.71 <sup>b</sup> ± 0.00		0.92 <sup>c</sup> ± 0.06

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ผลของการศึกษาอุณหภูมิขาเข้าในขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อค่าสี อัตราส่วน เชน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกน สับปะรดที่ผลิตได้ และปริมาณความชื้น แสดงในตารางที่ 15

เส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดมีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี แสดงค่าในช่วง 94.12 - 94.62 แสดงว่ามีความสว่างอยู่ในช่วงสีขาว ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว แสดงค่าในช่วง -0.19 ถึง -0.26 มีค่าเป็นลบ อยู่ในช่วงสีแดง ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน แสดงค่าในช่วง 4.31 - 4.94 มีค่าเป็นบวก อยู่ในช่วงสีน้ำเงิน ค่าที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือมีความสว่างมาก แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากอุณหภูมิขาเข้าส่งผลต่อความแตกต่างด้านค่าสีอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เนื่องจากปริมาณมอลโตเด็คซ์ทรินที่ผสมลงในสารละลายส่งผลให้ค่าสี มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

อัตราส่วนเชน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากการผันแปร อุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงของแกนสับปะรดมีค่าแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่ออุณหภูมิขาเข้าสูงขึ้นปริมาณผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิ ขาเข้าที่สูงส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และไม่เกิดการ เหนียวติดที่บริเวณภายในผนังเครื่องอบแห้ง ซึ่งที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนเชน้ำ หนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $36.57 \pm 0.01 \%$  แต่ที่อุณหภูมิขา เข้า 170 องศาเซลเซียส อัตราส่วนเชน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดกลับมีค่า ลดลงเป็น  $33.20 \pm 0.04\%$  ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารละลายจากแกน สับปะรดเกิดการไหม้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บางส่วนติดอยู่บริเวณภายในผนังเครื่องอบแห้ง

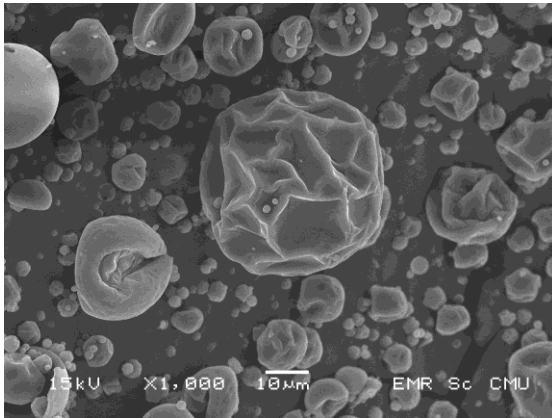
ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมาก ที่สุด คือ  $2.81 \pm 0.01$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง ค่าที่ได้มีค่ามากกว่างานวิจัยของ Lei *et al.* (2015) ซึ่ง ได้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารละลายน้ำจากเปลือกส้มที่  $1.76 \pm 0.32$  กรัม ไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

ค่า Bulk density ของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ค่า Packed density มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าที่ได้จะลดลงตามลำดับ ส่วนค่า Hydrated density และ Water retention capacity ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจาก ตัวอย่างเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและมีส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งมอลโตเด็กซ์ทรินมีความสามารถในการละลายได้ดีและ มอลโตเด็กซ์ทรินมีปริมาณน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กในสัดส่วนที่มาก (เกื้อกุล, 2544) เมื่อใส่ตัวอย่างลงในกระบอกตวงที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายบรรจุอยู่ จึงส่งผลให้ตัวอย่างถูกทำละลาย และไม่สามารถหาค่าได้ เพราะมอลโตเด็กซ์ทรินมีส่วนช่วยในการละลาย (Alexander, 1992)

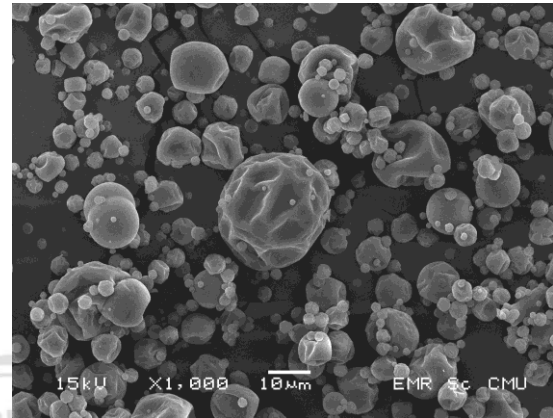
ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรด พบว่า ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด คือ  $1.43\pm 0.19\%$  โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิทำแห้งแบบพ่นฝอยต่ำที่สุด ในการทดลองมีค่า 140 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นจึงระเหยออกได้น้อย ส่งผลปริมาณความชื้นในเส้นใยอาหารมีค่ามากที่สุด

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส (ภาพที่22) อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส (ภาพที่23) และที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส (ภาพที่24) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีพื้นที่ผิวมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส (ภาพที่25) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณความชื้นที่ได้จึงมีค่าลดลง

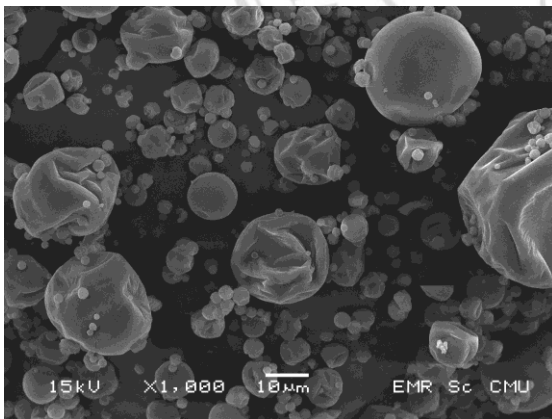
ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับประรด มีค่า 0.92 กรัม ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง จากตาราง ง-2 (ภาคผนวก)



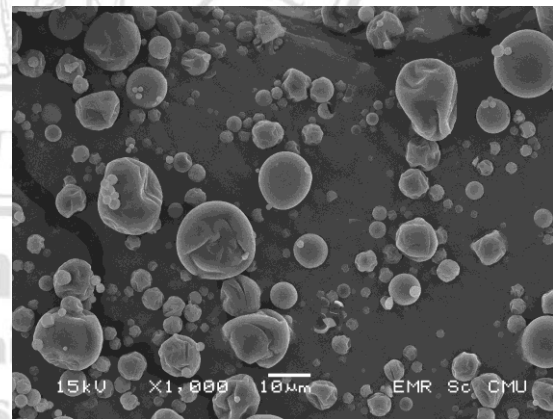
ภาพที่ 22 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลาย  
น้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำ  
แห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140  
องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์  
อิเล็กตรอน



ภาพที่ 23 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลาย  
น้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำ  
แห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 150  
องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์  
อิเล็กตรอน



ภาพที่ 24 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลาย  
น้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำ  
แห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 160  
องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์  
อิเล็กตรอน



ภาพที่ 25 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลาย  
น้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำ  
แห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 170  
องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์  
อิเล็กตรอน

ตารางที่ 15 ผลของอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งแบบ Spray drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง	ค่าสี			อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของเส้นใย ที่สกัดได้ต่อ น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด (%)	ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
	อุณหภูมิขาเข้า (องศาเซลเซียส)	L*	a*	b*		Water retention capacity	Oil retention capacity (g oil/g sample)
Spray drying	140	94.12 <sup>b</sup> ±0.01	-0.22 <sup>b</sup> ±0.01	4.94 <sup>a</sup> ±0.20	28.34 <sup>d</sup> ±0.13		1.10 <sup>d</sup> ±0.01
	150	94.62 <sup>a</sup> ±0.06	-0.19 <sup>a</sup> ±0.00	4.31 <sup>b</sup> ±0.07	33.60 <sup>b</sup> ±0.08		1.15 <sup>c</sup> ±0.01
	160	94.37 <sup>ab</sup> ±0.18	-0.21 <sup>ab</sup> ±0.01	4.43 <sup>b</sup> ±0.01	36.57 <sup>a</sup> ±0.01		2.81 <sup>a</sup> ±0.01
	170	94.52 <sup>a</sup> ±0.04	-0.26 <sup>c</sup> ±0.01	4.42 <sup>b</sup> ±0.07	33.20 <sup>c</sup> ±0.04		1.49 <sup>b</sup> ±0.01

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 15 (ต่อ)

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง	ความหนาแน่น			ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
	อุณหภูมิขาเข้า (องศาเซลเซียส)	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density (g/cm <sup>3</sup> )	
Spray drying	140	0.52±0.00	0.77 <sup>a</sup> ±0.00		1.43 <sup>a</sup> ±0.19
	150	0.50±0.00	0.77 <sup>a</sup> ±0.00		0.63 <sup>c</sup> ±0.01
	160	0.50±0.00	0.71 <sup>b</sup> ±0.00		0.81 <sup>b</sup> ±0.16
	170	0.50±0.00	0.71 <sup>b</sup> ±0.00		0.47 <sup>c</sup> ±0.15

- ๘
- หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )  
 2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Co  
A

rsity  
e d

#### 4.3.2 ผลของอุณหภูมิและความดันในการทำให้แบบแช่เยือกแข็ง

ผลการศึกษาอุณหภูมิและความดันในขั้นตอนการทำแบบแช่เยือกแข็งที่มีต่อค่าสี อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ค่าความสามารถในการกักน้ำ และน้ำมัน ค่าความหนาแน่น และปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 16

อุณหภูมิและความดันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสีของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ความดัน 0.11 kPa ค่าสี  $L^*$  มีค่ามากที่สุดที่  $55.74 \pm 0.59$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่า  $5.57 \pm 0.08$  แสดงค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่า  $16.17 \pm 0.66$  แสดงค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าสีของเส้นใยอาหารที่ได้ก่อนไปทางสีเหลืองคล้ำยกับสีของตัวอย่างเริ่มต้น

อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากการผันแปรอุณหภูมิและความดันในการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเปลือกสับประรดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ความดัน 0.11 kPa มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $16.17 \pm 0.66 \%$

ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ความดัน 0.11 kPa มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $1.18 \pm 0.04$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lei *et al.* (2015) ที่แสดงผลค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารละลายน้ำจากเปลือกส้มที่  $1.76 \pm 0.32$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

ค่า Bulk density, Packed density และ Hydrated density ของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยค่า Bulk density มีค่าอยู่ในช่วง  $0.50-0.54 \text{ g/cm}^3$  ค่า Packed density มีค่าอยู่ในช่วง  $0.94-1.00 \text{ g/cm}^3$  และค่า Hydrated density มีค่าอยู่ในช่วง  $0.91-0.93 \text{ g/cm}^3$  การทำให้แบบแช่เยือกแข็งทำให้โครงสร้างของตัวอย่างมีลักษณะเป็นรูพรุน (Fellows, 2000) จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แบบแช่เยือกแข็งมีค่าต่ำ (Koc *et al.*, 2010) และตัวอย่างสามารถดูดซับความชื้นจากภายนอกได้อย่างรวดเร็ว



ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรด พบว่า ที่ อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ความดัน 0.11 kPa มีค่าสูงที่สุด คือ  $5.86 \pm 0.58\%$  โดยน้ำหนัก โดยปกติ แล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อ หลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ไม่สามารถทำการถ่ายภาพโครงสร้างระดับจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนได้ เนื่องจากตัวอย่างมีการดูดซับความชื้นอย่างรวดเร็ว ลักษณะทางกายภาพจึงเปลี่ยนแปลงจึงไม่สามารถ มองเห็นผลึกของเส้นใยอาหารละลายน้ำได้จากเปลือกสับประรดอย่างชัดเจน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 16 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Freeze drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง		ค่าสี			อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของ เส้นใยที่สกัดได้ ต่อน้ำหนัก ตัวอย่าง ทั้งหมด (%)	ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (kPa)	L*	a*	b*		Water retention capacity	Oil retention capacity (g oil/g sample)
Freeze drying	-10	0.02	37.69 <sup>c</sup> ±0.13	3.58 <sup>cd</sup> ±0.05	-2.79 <sup>c</sup> ±0.08	9.54 <sup>a</sup> ±0.10		0.92 <sup>b</sup> ±0.01
	-20	0.02	43.54 <sup>b</sup> ±0.47	7.70 <sup>a</sup> ±0.21	5.53 <sup>b</sup> ±0.23	6.34 <sup>b</sup> ±0.59		0.83 <sup>c</sup> ±0.02
	-10	0.20	35.37 <sup>d</sup> ±1.41	3.96 <sup>c</sup> ±0.26	-2.41 <sup>c</sup> ±0.70	7.54 <sup>b</sup> ±1.04		0.71 <sup>d</sup> ±0.01
	-20	0.20	36.38 <sup>cd</sup> ±0.74	3.40 <sup>d</sup> ±0.04	-4.23 <sup>d</sup> ±0.04	6.11 <sup>b</sup> ±0.96		0.79 <sup>c</sup> ±0.01
	-15	0.11	55.74 <sup>a</sup> ±0.59	5.57 <sup>b</sup> ±0.08	16.17 <sup>a</sup> ±0.66	9.65 <sup>a</sup> ±0.21		1.18 <sup>a</sup> ±0.04

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 16 (ต่อ)

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง		ความหนาแน่น			ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (kPa)	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	
Freeze drying	-10	0.02	0.52±0.00	1.00±0.00	0.91±0.00	2.84 <sup>c</sup> ±0.46
	-20	0.02	0.52±0.00	0.94±0.00	0.91±0.00	4.45 <sup>b</sup> ±0.14
	-10	0.20	0.54±0.00	1.00±0.00	0.91±0.00	1.55 <sup>c</sup> ±0.12
	-20	0.20	0.52±0.00	1.00±0.00	0.93±0.00	1.77 <sup>d</sup> ±0.52
	-15	0.11	0.50±0.00	1.00±0.00	0.91±0.00	5.68 <sup>a</sup> ±0.58

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ผลการศึกษาอุณหภูมิและความดันในขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีต่อค่าสี อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ค่าความสามารถในการกักน้ำ และน้ำมัน ค่าความหนาแน่น และปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกน สับปะรดที่ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 17

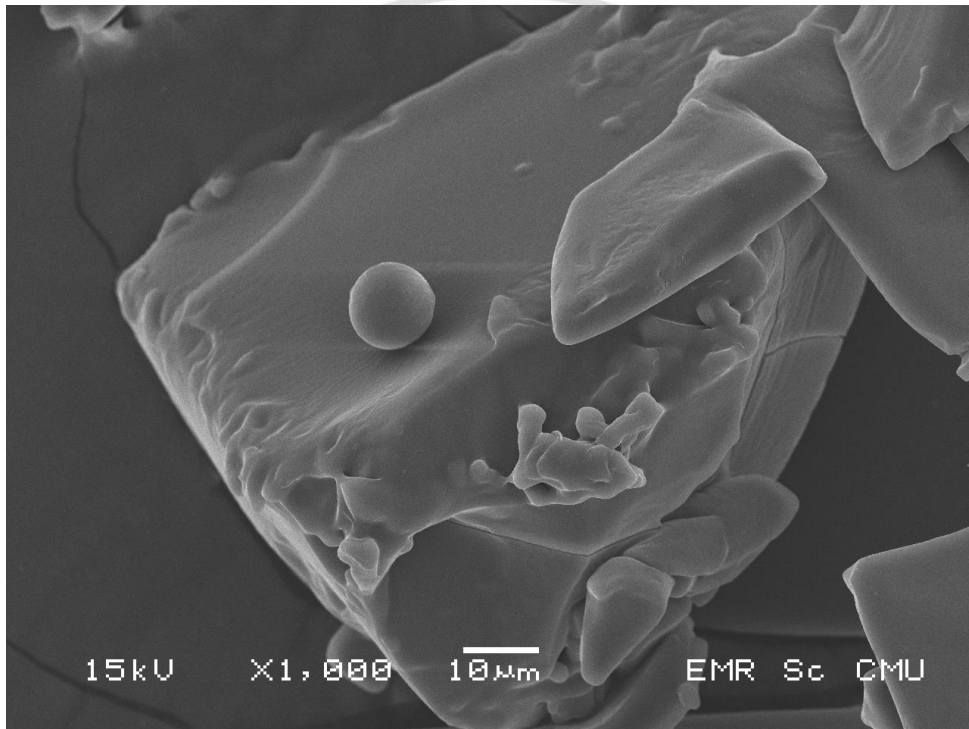
เส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรด มีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 kPa ค่าสี  $L^*$  มีค่ามากที่สุดที่  $85.55 \pm 0.00$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่า  $0.17 \pm 0.06$  แสดงค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่า  $10.74 \pm 0.00$  แสดงค่าเป็นบวก อุณหภูมิและความดันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ค่าที่ได้มีความสว่างของสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีของตัวอย่างเริ่มต้นที่ก่อนไปทางสีเหลืองอ่อน อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากการผันแปรอุณหภูมิและความดันในการทำแห้งเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงของแกนสับปะรดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ความดัน 0.02 kPa มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $15.62 \pm 2.21 \%$

ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ความดัน 0.02 kPa มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $2.43 \pm 0.01$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

ค่า Bulk density, Packed density และ Hydrated density ของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยค่า Bulk density มีค่า  $0.60 \text{ g/cm}^3$  ค่า Packed density มีค่าอยู่ในช่วง  $0.71\text{--}1.00 \text{ g/cm}^3$  และค่า Hydrated density มีค่า  $0.93 \text{ g/cm}^3$  การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้โครงสร้างของตัวอย่างมีลักษณะเป็นรูพรุน (Fellows, 2000) และตัวอย่างสามารถดูดซับความชื้นจากภายนอกได้อย่างรวดเร็ว

ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรด พบว่า ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ความดัน 0.11 kPa มีค่าสูงที่สุด คือ  $6.15 \pm 0.13\%$  โดยน้ำหนัก โดยใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงที่ทำแห้งที่ อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ความดัน 0.02 kPa โดยปกติแล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะผลึกของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแช่เยือกอุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 kPa (ภาพที่ 26) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระเล็กน้อย มีพื้นผิวเรียบเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ค่าความชื้นที่ต่ำมีผลต่อลักษณะของเส้นใยที่ผลิตได้นั้นมีการดูดกลับความชื้นต่ำที่สุด และส่งผลให้เส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้มีความคงตัวมากที่สุดอีกด้วย



ภาพที่ 26 ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยวิธี Freeze drying ที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 kPa ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ตารางที่ 17 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Freeze drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหาร ไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง		ค่าสี			อัตราส่วนเชิง น้ำหนักของเส้น ใยที่สกัดได้ต่อ น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด <sup>ns</sup> (%)	ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (kPa)	L*	a*	b*		Water retention capacity	Oil retention capacity (g oil/g sample)
Freeze drying	-10	0.02	72.95 <sup>c</sup> ±0.57	3.37 <sup>b</sup> ±0.21	19.48 <sup>a</sup> ±0.04	15.62±2.21		1.39 <sup>c</sup> ±0.01
	-20	0.02	54.22 <sup>d</sup> ±1.81	3.24 <sup>b</sup> ±0.08	14.70 <sup>b</sup> ±1.34	12.29±4.00		0.66 <sup>c</sup> ±0.01
	-10	0.20	55.43 <sup>d</sup> ±0.28	4.08 <sup>a</sup> ±0.01	14.02 <sup>b</sup> ±0.25	14.43±2.64		1.29 <sup>d</sup> ±0.01
	-20	0.20	85.55 <sup>a</sup> ±0.00	0.17 <sup>c</sup> ±0.06	10.74 <sup>c</sup> ±0.00	12.05±0.04		2.43 <sup>a</sup> ±0.01
	-15	0.11	78.35 <sup>b</sup> ±0.01	-0.41 <sup>d</sup> ±0.02	11.43 <sup>c</sup> ±0.00	15.20±3.29		1.86 <sup>b</sup> ±0.01

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 17 (ต่อ)

วิธีทำแห้ง	สภาวะการทำแห้ง		ความหนาแน่น			ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดัน (kPa)	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	
Freeze drying	-10	0.02	0.60±0.00	1.00±0.00	0.93±0.00	5.73 <sup>a</sup> ±0.38
	-20	0.02	0.60±0.00	1.00±0.00	0.93±0.00	2.93 <sup>c</sup> ±0.29
	-10	0.20	0.60±0.00	1.00±0.00	0.93±0.00	5.01 <sup>b</sup> ±0.04
	-20	0.20	0.60±0.00	0.71±0.00	0.93±0.00	2.35 <sup>c</sup> ±0.32
	-15	0.11	0.60±0.00	1.00±0.00	0.93±0.00	6.15 <sup>a</sup> ±0.13

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### 4.3.3 ผลของการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อน

ผลการศึกษาอุณหภูมิในขั้นตอนการทำแห้งด้วยลมร้อนที่มีต่อค่าสี ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ขนาดและการกระจายตัว อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงที่ผลิตได้จากเปลือกสับประรด และปริมาณความชื้น แสดงในตารางที่ 18 ซึ่งพบว่า

เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดมีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าสี  $L^*$  มีค่าน้อยที่สุดที่  $56.54 \pm 0.00$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่า  $1.15 \pm 0.06$  แสดงค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่า  $13.60 \pm 0.01$  แสดงค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างของสีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่ตัวอย่างเส้นใยอาหารได้รับความร้อนโดยตรงจากเครื่อง Hot air oven ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยค่าความสว่างมีค่าลดลง (McGuire, 1992)

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อค่า Bulk density, Packed density และ Hydrated density ของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมากที่สุด คือ  $12.09 \pm 0.04$  กรัม น้ำต่อกรัมตัวอย่าง ค่าที่ได้้น้อยกว่าผลการศึกษาของ Calvache (2015) โดยทำแห้งตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ผลค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ  $22.6 \pm 0.8$  กรัม น้ำต่อกรัมตัวอย่าง

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $5.67 \pm 1.10$  กรัม น้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าการศึกษาของ Calvache (2015) ที่ได้ผลค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่  $1.9 \pm 0.2$  กรัม น้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง

อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จากการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $4.43 \pm 0.01\%$  ซึ่งเมื่ออุณหภูมิ



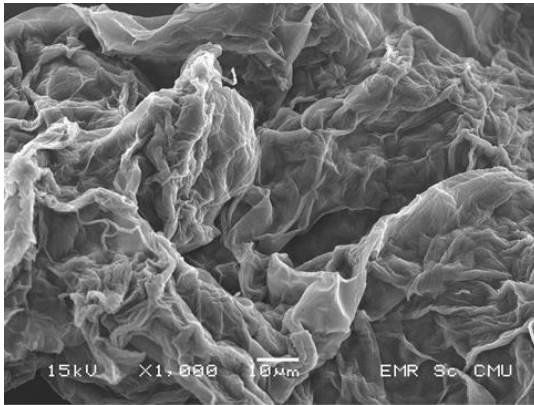
สูงขึ้นอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจะลดต่ำลงอาจเนื่องมาจากเส้นใยอาหารถูกความร้อนทำลาย

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ ( $P>0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงค่าปริมาณเส้นใยอาหารหยาบมากที่สุด คือ  $30.65\pm 1.22\%$  ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิกานต์ (2549) คืออุณหภูมิทำแห้งด้วยลมร้อนภาคส้มเขียวหวานสดที่ 65 องศาเซลเซียส ผลของปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ คือ  $48.70\pm 0.03$  ค่าที่ได้ อาจน้อยกว่าเนื่องจากวิธีการสกัดเส้นใยอาหารมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน

ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรด พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด คือ  $5.87\pm 0.10\%$  โดยน้ำหนัก และมีค่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า  $4.76\pm 0.09\%$  โดยน้ำหนัก และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด  $3.60\pm 0.09\%$  โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิทำแห้งด้วยลมร้อนมีผลต่อการระเหยของความชื้นในเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเมื่อใช้ความร้อนที่สูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 19 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อนุภาคของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นจำนวน  $97.49\pm 1.59\%$  อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 50 mesh คิดเป็นจำนวน  $1.83\pm 1.32\%$  และอนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 100 mesh คิดเป็นจำนวน  $0.70\pm 0.28\%$  ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยอาหารลอดผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh น้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากความร้อนในการอบแห้งที่มีไม่มากพอที่ทำให้ความชื้นในเส้นใยอาหารแห้ง จึงยังมีเส้นใยที่จับกันและถูกทำลายด้วยความร้อนน้อยกว่า ขนาดของอนุภาคเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดอยู่ระหว่างช่องตะแกรงที่ 50 และ 100 mesh

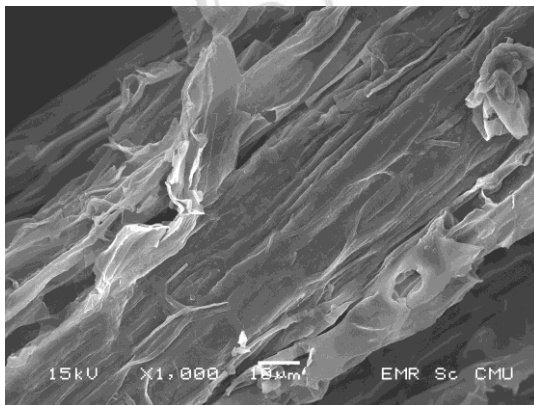
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีพื้นที่ผิวมากกว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 28) และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 29) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงกว่า เหมาะสำหรับการนำไปเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสหรือเติมลงในอาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น



ภาพที่ 27 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 28 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 29 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ตารางที่ 18 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประคที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี			ความหนาแน่น			ความสามารถในการเก็บกักน้ำและน้ำมัน	
		L*	a*	b*	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Water retention capacity <sup>ns</sup> (g water/g sample)	Oil retention capacity <sup>ns</sup> (g oil/g sample)
Hot air drying	50	58.12 <sup>a</sup> ±0.01	1.18 <sup>b</sup> ±0.01	13.88 <sup>b</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.26±0.01	0.50±0.00	12.09±0.69	5.24±0.83
	60	57.34 <sup>b</sup> ±0.00	1.45 <sup>a</sup> ±0.01	14.26 <sup>a</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.25±0.00	0.52±0.01	11.14±0.69	5.50±0.93
	70	56.54 <sup>c</sup> ±0.00	1.15 <sup>b</sup> ±0.06	13.60 <sup>c</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.26±0.01	0.50±0.00	11.97±0.23	5.67±1.10

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 18 (ต่อ)

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนเข็มน้ำหนักของเส้นใยที่สกัด ได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด (%)	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ <sup>ns</sup> (%) (w/w ของน้ำหนักสด)	ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
Hot air drying	50	4.43 <sup>a</sup> ±0.01	30.26±1.15	5.87 <sup>a</sup> ±0.10
	60	4.35 <sup>b</sup> ±0.01	30.65±1.22	4.76 <sup>b</sup> ±0.09
	70	4.31 <sup>c</sup> ±0.01	30.40±0.83	3.60 <sup>c</sup> ±0.09

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 19 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ขนาดและการกระจายตัว (mesh)			
		30	50	100	140
Hot air drying	50	97.49 <sup>a</sup> ±1.59	1.83 <sup>b</sup> ±1.32	0.70 <sup>b</sup> ±0.28	0.00 <sup>b</sup> ±0.00
	60	96.13 <sup>a</sup> ±1.92	2.93 <sup>b</sup> ±1.44	0.94 <sup>b</sup> ±0.48	0.00 <sup>b</sup> ±0.00
	70	95.94 <sup>a</sup> ±2.52	3.14 <sup>b</sup> ±2.19	0.92 <sup>b</sup> ±0.33	0.00 <sup>b</sup> ±0.00

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาอุณหภูมิในขั้นตอนการทำแห้งด้วยลมร้อนที่มีต่อค่าสี ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ขนาดและการกระจายตัว อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรด และปริมาณความชื้น แสดงในตารางที่ 20 ซึ่งพบว่า

เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรด มีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าสี  $L^*$  มีค่าน้อยที่สุดที่  $74.34 \pm 0.00$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่า  $0.24 \pm 0.01$  แสดงค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่า  $15.74 \pm 0.01$  แสดงค่าเป็นบวก อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อาจเนื่องจากการที่ตัวอย่างเส้นใยอาหารได้รับความร้อนจากเครื่อง Hot air oven ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยค่าความสว่างมีค่าลดลง (McGuire, 1992)

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อน ไม่มีผลต่อค่า Bulk density, Packed density และ Hydrated density อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงค่ามากที่สุดที่  $0.09 \pm 0.00$

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมากที่สุด คือ  $14.37 \pm 0.17$  กรัม/น้ำต่อกรัมตัวอย่าง

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $9.05\pm 1.17$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

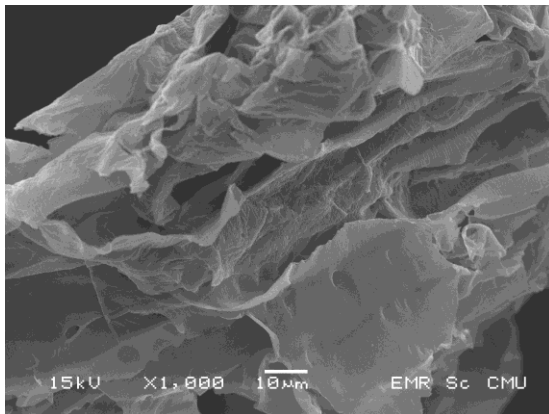
อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จากการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประดามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $2.57\pm 0.01$  % อาจเนื่องมาจากความร้อนต่ำทำลายโครงสร้างของเส้นใยอาหารได้น้อยกว่า

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนไม่ส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ ( $P>0.05$ ) สภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงค่าปริมาณเส้นใยอาหารหยาบมากที่สุด คือ  $37.33\pm 1.07$  %

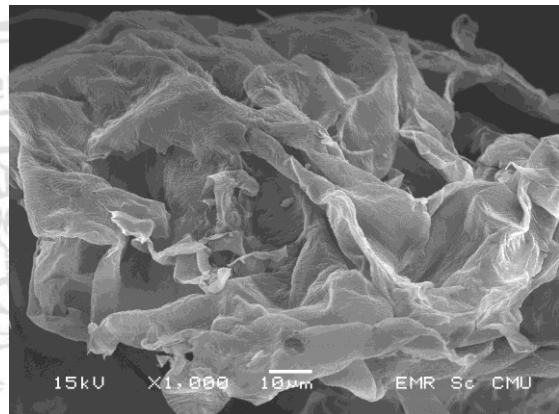
ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประด พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด คือ  $7.05\pm 0.09$ % โดยน้ำหนัก และมีค่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า  $5.02\pm 0.17$ % โดยน้ำหนัก และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด  $4.03\pm 0.18$ % โดยน้ำหนัก แต่ค่าที่ได้ยังมีค่าสูงกว่างานวิจัยของประดิษฐ์ (2557) ได้วิเคราะห์ความชื้นจากใยอาหารจากแกนสับประดที่สกัดได้มีค่า 1.54% ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิทำแห้งด้วยลมร้อนมีผลต่อการระเหยของความชื้นในเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเมื่อใช้ความร้อนที่สูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 21 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อนุภาคของเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่ไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นจำนวน  $96.45\pm 3.46$ % อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 50 mesh คิดเป็นจำนวน  $2.67\pm 2.93$ % อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 100 mesh คิดเป็นจำนวน  $0.49\pm 0.01$ % และอนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 140 mesh คิดเป็นจำนวน  $0.39\pm 0.54$ % ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยอาหารลอดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ได้ อาจเนื่องมาจากความร้อนในการอบแห้งที่สูง เส้นใยได้รับความร้อนโดยตรงจากเครื่อง Hot air oven จึงส่งผลให้ความชื้นลดลง เส้นใยมีขนาดเล็กลง จึงมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดขึ้น

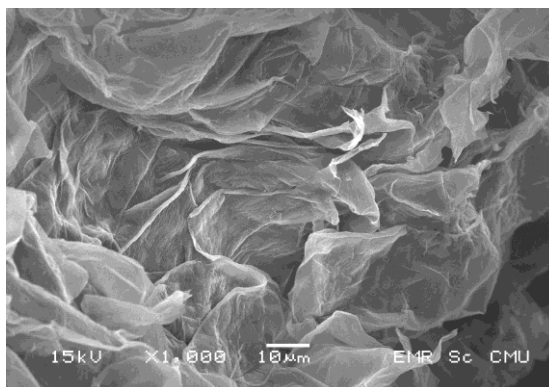
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ภาพที่30) และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 31) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีพื้นที่ผิวมากกว่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ภาพที่32) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก เหมาะสำหรับการนำไปเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสหรือเติมลงในอาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น



**ภาพที่ 30** ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



**ภาพที่ 31** ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



**ภาพที่ 32** ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Chiang Mai University  
 s reserved

ตารางที่ 20 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้

วิธี อบแห้ง	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ค่าสี			ความหนาแน่น			ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
		L*	a*	b*	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Water retention capacity <sup>ns</sup> (g water/g sample)	Oil retention capacity <sup>ns</sup> (g oil/g sample)
Hot air drying	50	76.28 <sup>a</sup> ±0.00	0.24 <sup>a</sup> ±0.01	15.74 <sup>a</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.21±0.01	0.50±0.00	13.87±0.28	6.35±0.51
	60	75.11 <sup>b</sup> ±0.58	0.02 <sup>c</sup> ±0.01	14.01 <sup>c</sup> ±0.01	0.09±0.00	0.19±0.00	0.50±0.00	14.37±0.17	7.29±3.13
	70	74.34 <sup>c</sup> ±0.00	0.04 <sup>b</sup> ±0.01	14.91 <sup>b</sup> ±0.02	0.08±0.00	0.21±0.00	0.50±0.00	14.17±0.45	9.05±1.17

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ตารางที่ 20 (ต่อ)

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใย ที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด (%)	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ <sup>ns</sup> (%) (w/w ของน้ำหนักสด)	ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
Hot air drying	50	2.57 <sup>a</sup> ±0.01	36.44±0.12	7.05 <sup>a</sup> ±0.09
	60	2.23 <sup>c</sup> ±0.04	37.33±1.07	5.02 <sup>b</sup> ±0.17
	70	2.46 <sup>b</sup> ±0.01	35.60±4.21	4.03 <sup>c</sup> ±0.18

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 21 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ขนาดและการกระจายตัว (mesh)			
		30	50	100	140
Hot air drying	50	96.37 <sup>a</sup> ±0.08	3.03 <sup>b</sup> ±0.08	0.61 <sup>b</sup> ±0.01	0.00 <sup>b</sup> ±0.00
	60	96.19 <sup>a</sup> ±0.08	2.98 <sup>b</sup> ±0.16	0.83 <sup>b</sup> ±0.08	0.00 <sup>b</sup> ±0.00
	70	96.45 <sup>a</sup> ±3.46	2.67 <sup>b</sup> ±2.93	0.49 <sup>b</sup> ±0.01	0.39 <sup>b</sup> ±0.54

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### 4.3.4 ผลของการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ

ผลการศึกษาอุณหภูมิในขั้นตอนการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่มีต่อค่าสี ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ขนาดและการกระจายตัว อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้ และปริมาณความชื้น แสดงในตารางที่ 22 ซึ่งพบว่า

เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดมีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าสี  $L^*$  มีค่ามากที่สุดที่  $59.60 \pm 0.00$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างของสีจะมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่า Bulk density Packed density และ Hydrated density ของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมากที่สุด คือ  $13.45 \pm 1.63$  กรัม/น้ำต่อกรัมตัวอย่าง

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สถานะการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $5.56\pm 1.24$  กรัมไขมันต่อกรัมตัวอย่าง

อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดจากการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของเปลือกสับประดามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $4.51\pm 0.01\%$  ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสามารถทำลายเส้นใยอาหารได้เพียงเล็กน้อย

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ ( $P\leq 0.05$ ) สถานะการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แสดงค่าปริมาณเส้นใยอาหารหยาบมากที่สุด คือ  $33.16\pm 0.01\%$

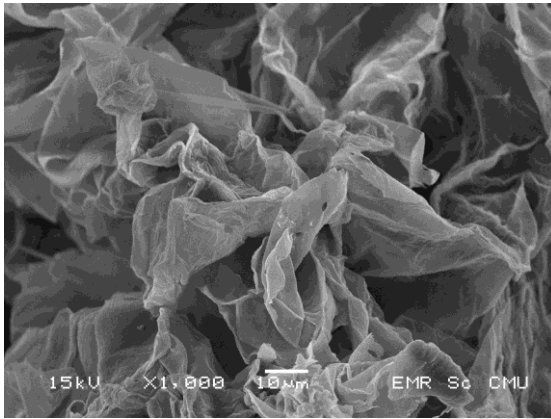
ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประด พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด คือ  $5.68\pm 0.11\%$  โดยน้ำหนัก และมีค่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า  $4.99\pm 0.16\%$  โดยน้ำหนัก และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด  $3.11\pm 0.16\%$  โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิทำแห้งด้วยลมร้อนมีผลต่อการระเหยของความชื้นในเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเมื่อใช้ความร้อนที่สูงขึ้นโดยทั่วไปแล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศส่งผลต่อขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารที่ผลิตได้จากเปลือกสับประดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 23 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อนุภาคของเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประดที่ไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นจำนวน  $97.33\pm 1.97\%$  อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 50 mesh คิดเป็นจำนวน  $2.18\pm 1.82\%$  และอนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 100 mesh คิดเป็นจำนวน  $0.49\pm 0.14\%$  ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยอาหารร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh น้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากความร้อนในการอบแห้งที่มีไม่มากพอที่ทำให้ความชื้นในเส้นใยอาหารแห้ง จึงยังมีเส้นใยที่จับกันและถูกทำลายด้วยความร้อนน้อยกว่า ขนาดของอนุภาคเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประดอยู่ระหว่างช่องตะแกรงที่ 50 และ 100 mesh

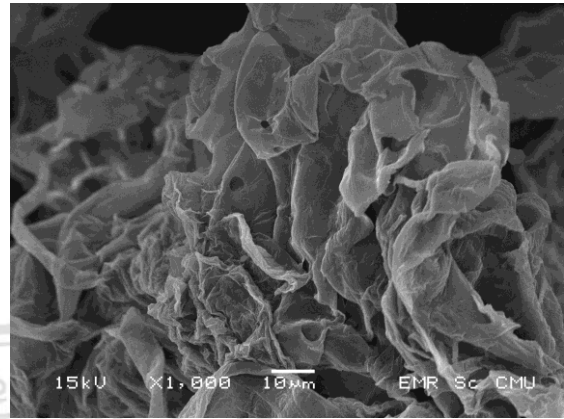
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรด โดยผ่านการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ภาพที่33) และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ภาพที่34) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมากกว่า มีพื้นที่ผิวมากกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ภาพที่35) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก เหมาะสำหรับการนำไปเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสหรือเติมลงในอาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสามารถเก็บความชุ่มชื้นได้นานขึ้น



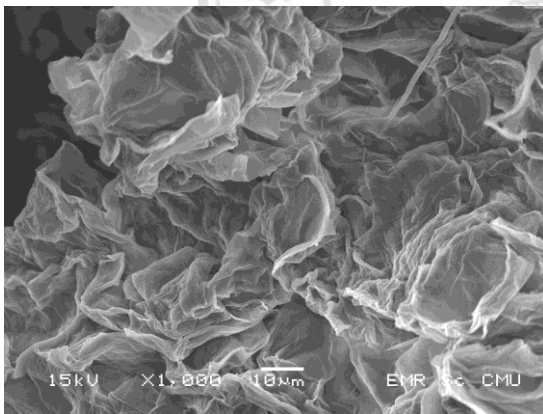
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพที่ 33 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับประรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 34 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับประรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 35 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับประรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ตารางที่ 22 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี			ความหนาแน่น			ความสามารถในการเก็บกักน้ำและน้ำมัน	
		L*	a*	b*	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Water retention capacity <sup>ns</sup> (g water/g sample)	Oil retention capacity <sup>ns</sup> (g oil/g sample)
Vacuum drying	50	58.27 <sup>c</sup> ±0.01	1.34 <sup>b</sup> ±0.02	13.98 <sup>a</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.27±0.01	0.50±0.00	12.91±0.14	5.33±1.01
	60	58.70 <sup>b</sup> ±0.01	1.11 <sup>c</sup> ±0.02	13.92 <sup>b</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.26±0.01	0.42±0.12	12.44±0.22	5.56±1.24
	70	59.60 <sup>a</sup> ±0.00	1.40 <sup>a</sup> ±0.02	13.30 <sup>c</sup> ±0.00	0.07±0.00	0.26±0.01	0.51±0.01	13.45±1.63	4.79±0.85

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจุบันเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P>0.05)

ตารางที่ 22 (ต่อ)

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใย ที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่าง ทั้งหมด(%)	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (%) (w/w ของน้ำหนักสด)	ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนัก)
Vacuum drying	50	4.51 <sup>a</sup> ±0.01	31.51 <sup>b</sup> ±0.49	5.68 <sup>a</sup> ±0.11
	60	4.38 <sup>b</sup> ±0.01	30.29 <sup>c</sup> ±0.15	4.99 <sup>b</sup> ±0.16
	70	4.10 <sup>c</sup> ±0.01	33.16 <sup>a</sup> ±0.01	4.11 <sup>c</sup> ±0.16

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ )

ตารางที่ 23 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ขนาดและการกระจายตัว (mesh)			
		30	50	100	140
Vacuum drying	50	97.33 <sup>a</sup> ±1.97	2.18 <sup>bc</sup> ±1.82	0.49 <sup>bc</sup> ±0.14	0.00 <sup>c</sup> ±0.00
	60	94.04 <sup>a</sup> ±1.78	5.17 <sup>b</sup> ±1.79	0.80 <sup>bc</sup> ±0.01	0.00 <sup>c</sup> ±0.00
	70	95.52 <sup>a</sup> ±4.62	3.78 <sup>bc</sup> ±4.06	0.7 <sup>bc</sup> ±0.56	0.00 <sup>c</sup> ±0.00

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาอุณหภูมิในขั้นตอนการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่มีต่อค่าสี ค่าความสามารถในการกักน้ำและน้ำมัน ค่าความหนาแน่น ขนาดและการกระจายตัว อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้ และปริมาณความชื้น แสดงในตารางที่ 24 พบว่า

เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรด มีค่าสี  $L^*$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ค่าสี  $L^*$  มีค่ามากที่สุดที่  $78.89 \pm 0.01$  ค่าสี  $a^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว มีค่า  $0.14 \pm 0.01$  แสดงค่าเป็นบวก ค่า  $b^*$  ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน มีค่า  $14.06 \pm 0.01$  แสดงค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างของสีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่า Bulk density, Packed density และ Hydrated density ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากแกนสับประรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมากที่สุด คือ  $14.53 \pm 0.21$  กรัม/น้ำต่อกรัมตัวอย่าง

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สภาวะการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำมันมากที่สุด คือ  $8.60 \pm 1.33$  กรัม/น้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง



อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จากการผันแปร อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อนของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงของแกนสับประดามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดมากที่สุด คือ  $2.55 \pm 0.01$  % อาจเนื่องมาจาก ความร้อนต่ำทำลายโครงสร้างของเส้นใยอาหารได้น้อยกว่า

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สูญญากาศไม่ส่งผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ ( $P > 0.05$ ) สภาพการทำแห้งภายใต้สูญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แสดงค่าปริมาณเส้นใยอาหารหยาบมากที่สุด คือ  $38.51 \pm 0.72$  %

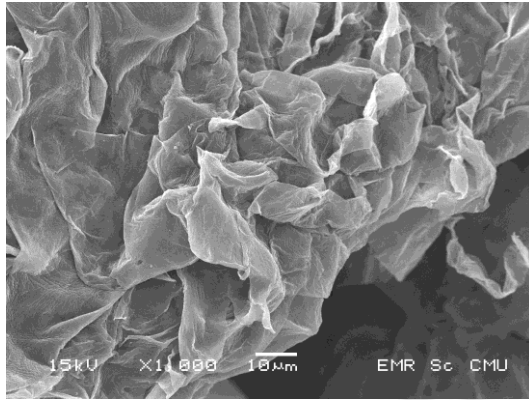
ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประด พบว่า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด คือ  $7.02 \pm 0.14$ % โดยน้ำหนัก ซึ่งค่าที่ได้มีค่ามากกว่าการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอของธนิกานต์ (2549) ที่ผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอได้ ปริมาณความชื้นที่ 5.20% ค่าปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประด มีค่าลดลงตามลำดับ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า  $4.26 \pm 0.31$ % โดยน้ำหนัก และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด  $2.68 \pm 0.06$ % โดยน้ำหนัก แต่ยังมีค่าสูงกว่างานวิจัยของประดิษฐ์ (2557) ได้วิเคราะห์ความชื้นจากใยอาหารจากแกนสับประดที่สกัดได้มีค่า 1.54% ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิทำแห้งด้วยลมร้อนมีผลต่อการระเหยของความชื้นในเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเมื่อใช้ความร้อนที่สูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเพื่อการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 9% (Larrauri, 1999) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

อุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สูญญากาศส่งผลต่อขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารที่ผลิตได้จากแกนสับประดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 25 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อนุภาคของเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่ไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นจำนวน  $95.33 \pm 0.03$ % อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 50 mesh คิดเป็นจำนวน  $3.82 \pm 0.08$ % อนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 100 mesh คิดเป็นจำนวน  $1.13 \pm 0.05$ % แต่ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีอนุภาคที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 140 mesh มากที่สุด คิดเป็นจำนวน  $0.20 \pm 0.28$ % ขนาดของอนุภาคเส้นใยอาหารจากแกนสับประดอยู่ระหว่างช่องตะแกรงที่ 50 และ 100 mesh

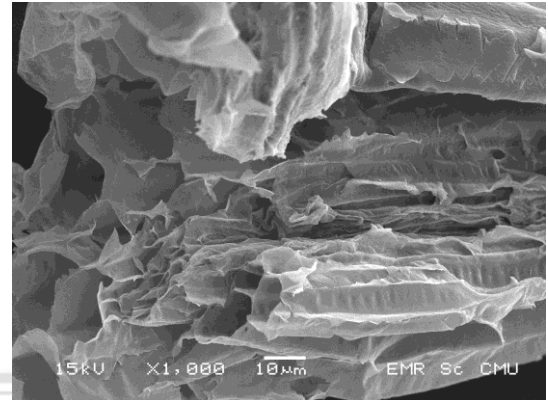
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประด โดยผ่านการทำแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 36) และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 37) ลักษณะของภาพถ่ายที่สังเกตได้คือมีลักษณะผิวขรุขระ มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมากกว่า มีพื้นที่ผิวมากกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 38) ทั้งนี้พื้นที่ผิวที่มากช่วยเก็บกักความชื้นไว้ได้มาก เหมาะสำหรับการนำไปเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสหรือเติมลงในอาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสามารถเก็บความชุ่มชื้นได้นานขึ้น



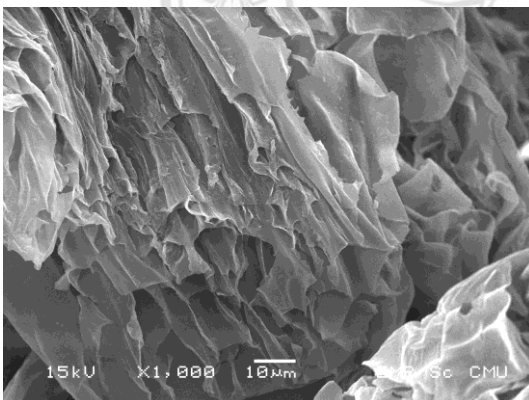
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพที่ 36 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจาก  
แกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้  
สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่ง  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 37 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจาก  
แกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้  
สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่ง  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 38 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจาก  
แกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้  
สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่ง  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ตารางที่ 24 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ค่าสี			ความหนาแน่น			ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และน้ำมัน	
		L*	a*	b*	Bulk density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Packed density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Hydrated density <sup>ns</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Water retention capacity <sup>ns</sup> (g water/g sample)	Oil retention capacity <sup>ns</sup> (g oil/g sample)
Vacuum drying	50	78.89 <sup>a</sup> ±0.01	0.14 <sup>a</sup> ±0.01	14.06 <sup>b</sup> ±0.01	0.09±0.01	0.21±0.01	0.38±0.18	14.53±0.21	7.21±1.42
	60	77.21 <sup>b</sup> ±0.01	0.11 <sup>a</sup> ±0.01	14.05 <sup>b</sup> ±0.01	0.08±0.00	0.20±0.01	0.50±0.00	14.01±1.20	8.60±1.33
	70	75.04 <sup>c</sup> ±0.65	0.08 <sup>b</sup> ±0.02	15.20 <sup>a</sup> ±0.30	0.09±0.01	0.19±0.00	0.38±0.18	13.94±1.23	8.44±1.05

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจุบันเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 24 (ต่อ)

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนเชิงน้ำหนักของเส้นใยที่สกัด ได้น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด(%)	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ <sup>ns</sup> (%) (w/w ของน้ำหนักสด)	ปริมาณความชื้น (% โดยน้ำหนัก)
Vacuum drying	50	2.29 <sup>c</sup> ±0.01	37.86±0.42	7.02 <sup>a</sup> ±0.14
	60	2.55 <sup>a</sup> ±0.01	37.66±2.14	4.26 <sup>b</sup> ±0.31
	70	2.44 <sup>b</sup> ±0.01	38.51±0.72	2.68 <sup>c</sup> ±0.06

- หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)  
 2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 25 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับประรดที่ผลิตได้

วิธีอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ขนาดและการกระจายตัว (mesh)			
		30	50	100	140
Vacuum drying	50	93.60 <sup>a</sup> ±6.79	4.60 <sup>b</sup> ±4.38	1.81 <sup>b</sup> ±2.41	0.00 <sup>b</sup> ±0.00
	60	93.60 <sup>a</sup> ±4.15	5.27 <sup>b</sup> ±3.54	0.94 <sup>b</sup> ±0.90	0.20 <sup>b</sup> ±0.28
	70	95.01 <sup>a</sup> ±0.03	3.82 <sup>b</sup> ±0.08	1.13 <sup>b</sup> ±0.05	0.05 <sup>b</sup> ±0.07

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปีวิจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### 4.4 ผลของปริมาณการเติมเส้นใยอาหารผงจากเปลือกและแกนสับประรดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยอาหารต้นแบบ

##### 4.4.1 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงในลูกก๊วยเนย

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดต่างกัน โดยประเมินจากคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ความแข็ง และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 26

คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ความแข็ง และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

ผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดที่ระดับ 0% คือไม่มีส่วนผสมของเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใย 5% และ 15% มีคะแนนใกล้เคียงกัน ผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดที่ระดับ 25% จะมีคะแนนความชอบด้านสีต่ำที่สุด ( $3.96 \pm 1.74$ ) โดยอยู่ในระดับไม่ชอบปานกลาง ซึ่งปริมาณเส้นใยอาหารที่เพิ่มมากขึ้น มีผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านสีลดลง

คะแนนความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประรดที่ระดับ 0% และ 5% มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มากกว่าผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยเนยเสริมเส้นใยอาหารจาก

เปลือกสับปะรดที่ระดับ 25% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งมีคะแนนความชอบต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณเส้นใยอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยเส้นใยเซลลูโลสจับตัวกับน้ำในลูกกึ่ง ส่งผลให้ความชื้นในลูกกึ่งลดลง มีผลให้คะแนนความชอบด้านความแข็งลดลง

ค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวม ในผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่ระดับ 0%, 5% และ 15% มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 22) โดยมีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย เท่ากับ  $6.32 \pm 1.38$  ถึง  $6.80 \pm 1.35$  แต่ในผลิตภัณฑ์

ลูกกึ่งเสริมเส้นใย 25% มีระดับความชอบด้านกลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ซึ่งปริมาณเส้นใยที่มากที่สุด ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมมีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 26 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งเนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

ปริมาณเส้นใย (% ของส่วนผสม)	สี	กลิ่นหอม หวาน	กลิ่นรสของ ผลิตภัณฑ์	ความแข็ง	ความชอบ โดยรวม
0	$7.28^a \pm 1.24$	$6.48^a \pm 1.33$	$6.44^a \pm 1.39$	$7.28^a \pm 0.98$	$6.80^a \pm 1.35$
5	$5.44^b \pm 1.45$	$6.16^{ab} \pm 1.28$	$6.32^a \pm 1.38$	$6.64^{ab} \pm 1.11$	$6.32^a \pm 1.44$
15	$5.40^b \pm 1.63$	$6.44^a \pm 1.16$	$6.48^a \pm 1.36$	$6.48^b \pm 1.45$	$6.48^a \pm 1.39$
25	$3.96^c \pm 1.74$	$5.44^b \pm 1.36$	$5.28^b \pm 1.49$	$4.20^c \pm 1.50$	$4.72^b \pm 1.31$

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งเนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดต่างกัน โดยประเมินจากคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ความแข็ง และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 27

คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ความแข็ง และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งเนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารจากแกน

สับปะรดต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหารที่ระดับต่างกันไม่มีผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นหอมหวานของผลิตภัณฑ์ ( $P > 0.05$ )

ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 25% มีค่าคะแนนความชอบด้านสีต่ำที่สุด ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 0% 5% และ 15% มีค่าคะแนนความชอบมากที่สุด โดยคะแนนใกล้เคียงกัน ( $6.80 \pm 1.26$ ,  $6.44 \pm 1.39$  และ  $6.36 \pm 1.10$  ตามลำดับ) จัดอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย ซึ่งปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านสีลดลง

คะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมหวานของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประดิษฐ์ (2557) ที่นำใยอาหารจากแกนสับปะรดมาทดแทนแป้งสาลีในชิฟฟอนเค้กพบว่าไม่มีผลต่อความชอบด้านกลิ่น

ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 5% มีคะแนนความชอบสูงที่สุด ( $6.84 \pm 1.31$ ) โดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดส่งผลต่อค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมหวานน้อยมาก

คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 5% มีคะแนนความชอบสูงที่สุด ( $7.12 \pm 1.17$ ) โดยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 25% จะมีความคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุด ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งปริมาณเส้นใยอาหารที่มากขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

คะแนนความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 0% และ 5% มีค่าใกล้เคียงกัน ( $7.32 \pm 0.99$  และ  $7.40 \pm 1.12$  ตามลำดับ) โดยอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 15% และ 25% มีแนวโน้มของคะแนนความชอบลดลง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าคะแนนความชอบด้านความแข็งมีค่าลดลง

ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับ 5% มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ( $7.08 \pm 1.19$ ) โดยจัดอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ซึ่งค่าคะแนนความชอบโดยรวมนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของประดิษฐ์ (2557) ในการนำเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีในชิฟฟอนเค้กที่ร้อยละ 5 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ในขณะที่



ผลิตภัณฑ์คูกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่ระดับ 25% มีคะแนนความชอบต่ำที่สุด ( $P \leq 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง และค่าคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์คูกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่ระดับ 5% ยังมีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์คูกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับประดที่ระดับ 0%

ตารางที่ 27 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์คูกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับประด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับประด

ปริมาณเส้นใย (%ของส่วนผสม)	สี	กลิ่นหอม หวาน <sup>ns</sup>	กลิ่นรสของ ผลิตภัณฑ์	ความแข็ง	ความชอบ โดยรวม
0	6.80 <sup>a</sup> ±1.26	6.44±0.96	6.28 <sup>bc</sup> ±1.40	7.32 <sup>a</sup> ±0.99	6.80 <sup>ab</sup> ±1.00
5	6.44 <sup>a</sup> ±1.39	6.84±1.31	7.12 <sup>a</sup> ±1.17	7.40 <sup>a</sup> ±1.12	7.08 <sup>a</sup> ±1.19
15	6.36 <sup>a</sup> ±1.10	6.64±1.35	6.56 <sup>ab</sup> ±1.10	5.40 <sup>b</sup> ±1.96	6.12 <sup>b</sup> ±1.27
25	5.60 <sup>b</sup> ±1.26	5.92±1.44	5.60 <sup>c</sup> ±1.75	4.88 <sup>b</sup> ±1.69	5.20 <sup>c</sup> ±1.73

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

#### 4.4.2 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงในน้ำมะม่วง

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับประดต่างกัน โดยประเมินจากความชอบที่มีต่อ สี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 28

คะแนนความชอบด้านสีของน้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับประดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ( $P > 0.05$ )

ผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับประดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับประด 15% มีคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุด (7.28±1.14) โดยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนน้ำมะม่วงไม่ได้เสริมเส้นใยอาหารมีค่าคะแนนความชอบต่ำ

ที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เท่ากับ  $5.32 \pm 1.49$  จัดอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าปริมาณการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดส่งผลต่อค่าคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 28 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

ปริมาณเส้นใย (% ของส่วนผสม)	สี	กลิ่น <sup>ns</sup>	รสหวาน <sup>ns</sup>	รสเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม <sup>ns</sup>
0	$5.32^c \pm 1.49$	$6.00 \pm 1.10$	$6.08 \pm 1.19$	$5.76 \pm 1.66$	$6.24 \pm 0.93$
5	$6.32^b \pm 1.31$	$5.92 \pm 1.19$	$6.36 \pm 1.19$	$5.96 \pm 1.43$	$6.48 \pm 1.36$
15	$7.28^a \pm 1.14$	$6.32 \pm 0.90$	$6.52 \pm 0.92$	$6.12 \pm 1.42$	$6.80 \pm 1.00$
25	$7.00^{ab} \pm 1.53$	$6.60 \pm 1.16$	$6.40 \pm 1.35$	$5.80 \pm 1.35$	$6.64 \pm 1.22$

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากแกนสับปะรดต่างกัน โดยประเมินจากคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 29

คะแนนความชอบด้านสีของน้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากแกนสับปะรดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ( $P > 0.05$ )

ผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากแกนสับปะรด 5% และ 25% คะแนนความชอบด้านสีมีค่าใกล้เคียงกัน ( $7.20 \pm 1.23$  และ  $7.12 \pm 1.17$  ตามลำดับ) โดยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนน้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ปริมาณเส้นใย 0% และ 15% ได้คะแนนความชอบรองลงมาเท่ากับ  $5.56 \pm 1.74$  และ  $6.28 \pm 1.54$  ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ( $P \leq 0.05$ )

ตารางที่ 29 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด

ปริมาณเส้นใย (% ของส่วนผสม)	สี	กลิ่น <sup>ns</sup>	รสหวาน <sup>ns</sup>	รสเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม <sup>ns</sup>
0	5.56 <sup>b</sup> ±1.74	6.16±1.03	6.52±1.26	6.32±1.49	6.36±1.22
5	7.20 <sup>a</sup> ±1.23	6.36±1.19	6.72±1.43	6.64±1.28	6.88±1.13
15	6.28 <sup>b</sup> ±1.54	6.44±1.29	6.64±1.52	6.44±1.26	6.80±1.16
25	7.12 <sup>a</sup> ±1.17	6.64±0.95	6.72±1.14	6.56±1.19	7.00±0.96

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

#### 4.4.3 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงในน้ำนม

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับปะรดต่างกัน โดยประเมินจากคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 30

ปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับปะรดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนมมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซึ่งเมื่อเติมเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากเปลือกสับปะรดลงไป ผู้ทดสอบชิมจึงไม่สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของตัวผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 30 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

ปริมาณเส้นใย (% ของส่วนผสม)	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น <sup>ns</sup>	รสหวาน <sup>ns</sup>	รสเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม <sup>ns</sup>
0	6.96±1.21	6.72±1.37	5.92±1.58	6.12±1.69	6.36±1.35
5	7.12±1.13	6.32±1.11	5.68±1.44	5.80±1.61	6.12±1.17
10	7.04±1.06	6.64±1.22	5.92±1.26	5.60±1.73	6.44±1.16
15	6.52±1.42	6.08±1.53	5.84±1.57	5.84±1.57	5.96±1.43

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดที่ระดับปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากแกนสับปะรดต่างกัน โดยประเมินจากคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 31

ปริมาณเส้นใยอาหารผงแบบละลายน้ำจากแกนสับปะรดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา (2542) ซึ่งทำการผลิตน้ำส้มเขียวหวานเติมใยอาหาร โดยใช้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากเปลือกโกโก้เติมลงในน้ำส้มพร้อมดื่ม ในระดับร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม และ mouthfeel พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 31 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด

ปริมาณเส้นใย (% ของส่วนผสม)	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น <sup>ns</sup>	รสหวาน <sup>ns</sup>	รสเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม <sup>ns</sup>
0	7.08±0.99	6.60±1.16	5.60±1.66	5.80±1.41	6.12±1.13
5	7.16±1.03	7.08±1.04	6.32±1.35	5.96±1.46	6.72±1.10
10	7.04±1.17	6.68±1.03	6.56±1.36	6.24±1.45	6.84±1.07
15	7.12±1.13	6.64±1.38	6.28±1.65	5.88±1.51	6.56±1.29

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2. ค่าที่แสดงในตารางหมายถึง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved