บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัย แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผลการศึกษาส่วนประกอบของสับสเตรต เศษของเสียจากผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง และผลของอุณหภูมิการหมักที่มีต่อปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง โดยรายละเอียดของผลการวิจัยทั้ง 3 ส่วน มีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาส่วนประกอบของสับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง

สับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะดังนี้

1. ซังขนุน (Jack fruit) ใช้ส่วนที่เป็นเส้นใยสีขาวปนเหลืองที่หุ้มยวงสีเหลืองของขนุนไว้
2. เปลือกแตงโม (Water melon) ใช้ส่วนเปลือกแข็ง สีเขียว และมีลวดลายบนเปลือก
3. แกนสับปะรด (Pineapple) ใช้ส่วนที่เป็นแท่งอยู่ตรงกลางของผล เนื้อของแกนสับปะรดมีลักษณะแข็งกระด้าง

ลักษณะของสับสเตรตภายหลังการเตรียมโดยการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 4 โดยผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของสับสเตรตดังกล่าว ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ของแข็งทั้งหมด (Total solids) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid) เถ้า (Ash) ความชื้น (Moisture) ซีโอดี (COD) ทีเคเอ็น (TKN) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) และเซลลูโลส* (Cellulose) (*ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยอื่น) แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งจากการศึกษา พบว่า เศษของเสียจากผลไม้ที่มีค่าเฉลี่ยพีเอช และปริมาณความชื้นสูงที่สุด ได้แก่ เปลือกแตงโม โดยมีค่าเท่ากับ 5.10 (SD = 0.08) และ 92.07% (SD = 0.12) ในขณะที่ซังขนุนมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยน้อยที่สุด (81.60%, SD = 0.12) และเศษผลไม้ที่พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยของของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยง่าย เถ้า ซีโอดี และทีเคเอ็นสูงที่สุด คือ ซังขนุนเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 183.96 g/kg (SD = 1.21) 170.57 g/kg (SD = 1.05) 13.39 g/kg (SD = 0.24) 252.45 g/L (SD = 9.16) และ 2.67 g/kg (SD = 0.21) สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ในเศษของเสียจากผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 31.48-89.72 g/L โดยซังขนุน และแกนสับปะรดเป็นเศษผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเฉลี่ยสูงกว่าเปลือกแตงโม (51.97 g/L; SD = 7.83, 89.72 g/L; SD = 12.76 และ 31.48 g/L; SD = 4.64 ตามลำดับ)

ภาพที่ 4 ลักษณะสับสเตรตภายหลังการเตรียมโดยการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน

แกนสับปะรด เปลือกแตงโม ซังขนุน

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของสับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ซังขนุน		แกนสับปะรด		เปลือกแตงโม	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
พีเอช (pH)*	4.44	0.15	3.77	0.25	5.10	0.08
ของแข็งทั้งหมด (Total solids, g/kg)*	183.96	1.21	137.41	1.64	79.31	1.18
ของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, g/kg)*	170.57	1.05	133.21	1.41	69.31	0.98
เถ้า (Ash, g/kg)*	13.39	0.24	4.17	0.22	10.00	0.30
ความชื้น (Moisture, %)*	81.60	0.12	85.97	0.52	92.07	0.12
ซีโอดี (COD, g/L)*	252.45	9.16	143.65	0.00	57.50	4.28
ทีเคเอ็น (TKN, g/kg)*	2.67	0.21	nd		nd	
น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar, g/L)**	51.97	7.83	89.72	12.76	31.48	4.64
เซลลูโลส (Cellulose)***	1.80		32.24		0.1	

* วิธีวิเคราะห์ตาม APHA. (1998)

** วิเคราะห์ด้วย HPLC (HPLC UV/VIS detector)

*** ข้อมูลจากงานวิจัยอื่น (อนันท์ เชาว์เครือ และคณะ (2555) จินตนา บมขุนทด (2555) และ “แตงโม / โภชนาการ” (ม.ป.ป) : ออนไลน์)

nd = ตรวจไม่พบ

4.2 ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง

4.2.1 ผลผลิตกรดซิตริก

จากผลการทดลองหมักเศษของเสียจากผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ ซังขนุน แกนสับปะรด และเปลือกแตงโม บนอาหารแข็ง โดยใช้เชื้อรา *Aspergillus niger* TISTR 3063 ทำการแปรผันสภาวะที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก พบว่า ได้ปริมาณผลผลิตหลัก คือ กรดซิตริก และผลผลิตพลอยได้อื่น ๆ ได้แก่ ฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท โดยผลผลิตกรดซิตริกในแต่ละชุดทดลองที่มีอุณหภูมิในการหมักแตกต่างกันมีปริมาณแตกต่างกัน ดังนี้ผลผลิตกรดซิตริกที่ได้จากการหมักซังขนุนภายใต้อุณหภูมิ 30°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 7.96 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 1 วัน การหมักซังขนุนภายใต้อุณหภูมิ 35°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 11.76 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 4 วัน และการหมักซังขนุนภายใต้อุณหภูมิ 40°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 28.64 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 3 วัน ซึ่งปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักซังขนุนมีปริมาณสูงสุดจากการหมักที่อุณหภูมิ 40°C (ตารางที่ 6-8 และแผนภูมิที่ 6-8)

ตารางที่ 6 ผลผลิตกรดซิตริก และผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ ชุดทดลองกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 30°C

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
ชุดควบคุม (C0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C1)	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C2)	1.4	0.0	4.9	0.0	22.1
ชุดควบคุม (C3)	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C4)	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ซังขนุน (J0)	5.98	33.22	1.38	2.29	0.23
ซังขนุน (J1)	7.96	44.11	0.00	1.92	0.89
ซังขนุน (J2)	6.69	6.12	4.43	1.51	0.66
ซังขนุน (J3)	5.38	14.00	2.66	0.95	0.56
ซังขนุน (J4)	5.43	1.51	4.07	1.32	0.89
ซังขนุน (J5)	4.10	1.24	3.39	1.47	0.97
ซังขนุน (J6)	0.35	2.82	2.75	1.18	0.78
ซังขนุน (J7)	0.26	1.55	1.18	0.91	1.04
ซังขนุน (J8)	0.24	1.72	0.96	0.92	0.83

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
เปลือกแตงโม (W0)	0.08	21.83	3.64	1.14	0.08
เปลือกแตงโม (W1)	0.13	31.70	5.43	1.55	0.35
เปลือกแตงโม (W2)	0.97	6.13	7.66	1.30	0.27
เปลือกแตงโม (W3)	0.11	4.30	2.10	1.21	0.16
เปลือกแตงโม (W4)	0.23	1.98	1.38	0.98	0.15
เปลือกแตงโม (W5)	0.11	1.62	1.80	0.89	0.13
เปลือกแตงโม (W6)	0.68	2.09	1.75	1.05	0.11
เปลือกแตงโม (W7)	0.36	0.70	1.09	0.66	0.00
เปลือกแตงโม (W8)	0.08	1.45	1.30	0.83	0.13
แกนสับปะรด (P0)	2.75	72.28	0.54	3.27	0.39
แกนสับปะรด (P1)	2.13	48.56	0.84	2.27	0.43
แกนสับปะรด (P2)	3.66	38.13	1.55	2.18	0.42
แกนสับปะรด (P3)	4.62	33.10	1.95	1.97	0.51
แกนสับปะรด (P4)	5.68	25.92	1.90	1.88	0.60
แกนสับปะรด (P5)	10.20	23.73	2.46	2.19	1.05
แกนสับปะรด (P6)	9.60	11.27	2.03	1.95	1.04
แกนสับปะรด (P7)	11.62	5.63	2.75	2.00	1.96
แกนสับปะรด (P8)	6.40	4.09	5.67	2.98	2.41

ตารางที่ 7 ผลผลิตกรดซิตริก และผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ ชุดทดลองกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 35ºC

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
ชุดควบคุม (C0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C1)	1.9	0.0	16.1	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C2)	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ชุดควบคุม (C4)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ซังขนุน (J0)	4.80	24.55	0.80	1.04	0.00
ซังขนุน (J1)	6.83	31.27	3.17	19.10	0.04
ซังขนุน (J2)	6.42	10.78	5.28	17.08	0.27
ซังขนุน (J3)	6.39	2.44	8.19	0.00	0.75
ซังขนุน (J4)	11.76	7.36	16.58	5.63	3.56
ซังขนุน (J5)	8.78	1.87	5.96	2.07	2.78
ซังขนุน (J6)	4.88	1.29	3.43	1.92	1.37
ซังขนุน (J7)	0.30	2.39	1.97	1.77	3.00
ซังขนุน (J8)	0.00	2.39	1.89	2.78	3.44
เปลือกแตงโม (W0)	0.08	16.93	3.49	0.97	0.04
เปลือกแตงโม (W1)	0.94	13.14	6.99	1.55	0.09
เปลือกแตงโม (W2)	0.43	1.11	8.02	1.47	0.65
เปลือกแตงโม (W3)	0.47	0.66	3.05	1.43	0.73
เปลือกแตงโม (W4)	0.83	0.61	2.07	1.12	0.52
เปลือกแตงโม (W5)	0.81	0.67	3.27	2.07	0.97
เปลือกแตงโม (W6)	1.18	0.84	2.26	1.21	0.47
เปลือกแตงโม (W7)	2.36	1.87	5.26	4.59	2.13
เปลือกแตงโม (W8)	0.39	2.20	2.76	2.59	2.88

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
แกนสับปะรด (P0)	4.88	106.12	1.34	5.85	1.07
แกนสับปะรด (P1)	1.75	38.34	1.26	2.12	0.16
แกนสับปะรด (P2)	2.28	21.45	1.13	1.00	0.09
แกนสับปะรด (P3)	5.28	30.81	1.70	1.28	0.20
แกนสับปะรด (P4)	7.03	18.52	2.51	2.92	0.83
แกนสับปะรด (P5)	12.36	23.48	3.07	3.88	1.53
แกนสับปะรด (P6)	10.74	10.60	1.11	1.98	0.98
แกนสับปะรด (P7)	5.77	5.16	4.64	5.66	2.19
แกนสับปะรด (P8)	5.04	4.68	4.65	5.36	2.17

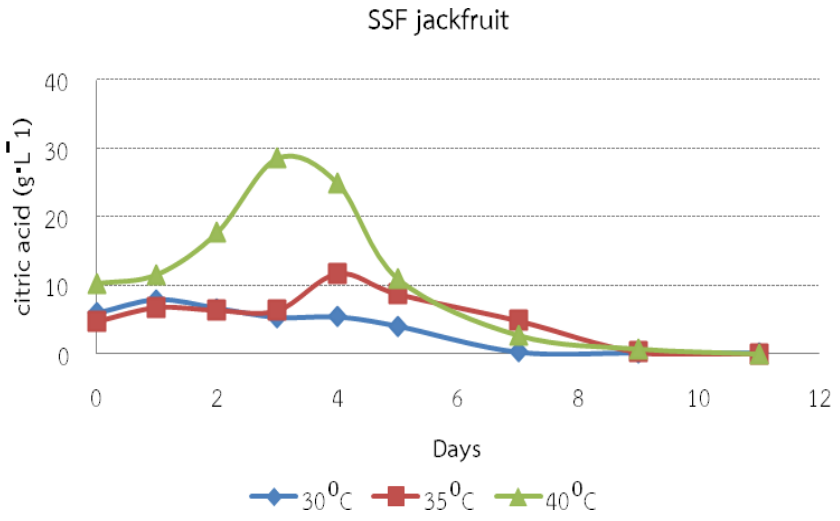
ตารางที่ 8 ผลผลิตกรดซิตริก และผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ ชุดทดลองกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 40°C

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
ชุดควบคุม (C0)	0	0	0	0	0
ชุดควบคุม (C1)	0	0	0	0	0
ชุดควบคุม (C2)	0	0	0	0	0
ชุดควบคุม (C3)	0	0	0	0	0
ชุดควบคุม (C4)	0	0	0	0	0
ซังขนุน (J0)	10.32	29.67	2.08	2.22	0.00
ซังขนุน (J1)	11.66	34.13	9.58	2.07	0.00
ซังขนุน (J2)	17.81	28.22	17.33	1.84	0.27
ซังขนุน (J3)	28.64	13.17	37.02	4.02	0.76
ซังขนุน (J4)	24.95	6.34	37.11	2.83	1.15
ซังขนุน (J5)	10.99	3.17	19.76	1.78	0.62
ซังขนุน (J6)	2.73	2.70	6.52	1.71	2.60
ซังขนุน (J7)	0.74	1.09	2.23	1.49	2.25
ซังขนุน (J8)	0.00	1.87	3.15	1.55	4.84
เปลือกแตงโม (W0)	0.09	22.05	4.25	0.65	0.00
เปลือกแตงโม (W1)	0.11	17.60	5.31	0.70	0.00
เปลือกแตงโม (W2)	0.67	7.53	10.10	0.79	0.00
เปลือกแตงโม (W3)	0.81	1.28	6.93	0.80	0.00
เปลือกแตงโม (W4)	1.21	3.27	4.44	2.07	0.60
เปลือกแตงโม (W5)	2.58	2.09	2.14	2.03	0.81
เปลือกแตงโม (W6)	0.24	0.50	1.05	1.17	0.00
เปลือกแตงโม (W7)	0.11	0.44	0.59	1.09	0.00
เปลือกแตงโม (W8)	0.10	0.76	0.52	1.11	0.19

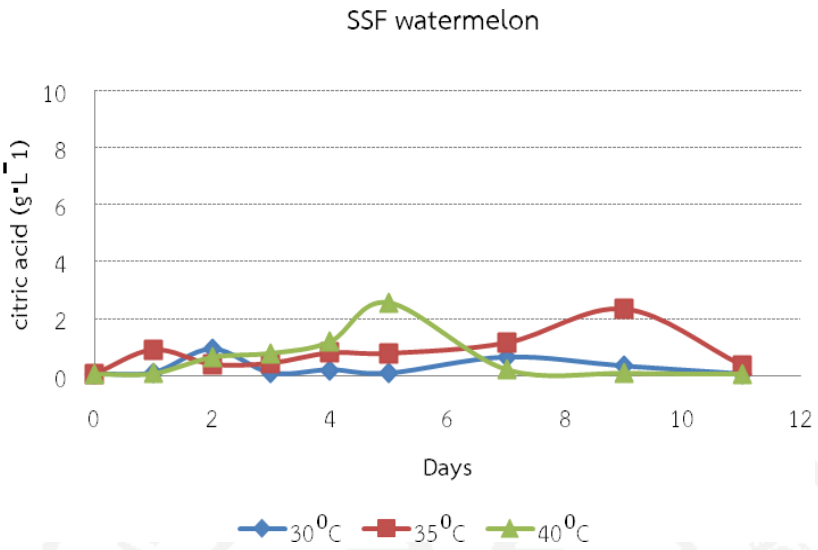
ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Citric acid (g/L)	D-Fructose (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	N-Butyrate (g/L)
แกนสับปะรด (P0)	0.93	27.87	0.05	1.07	0.00
แกนสับปะรด (P1)	1.74	39.20	0.61	1.02	0.00
แกนสับปะรด (P2)	2.66	34.54	2.93	1.19	0.00
แกนสับปะรด (P3)	4.93	34.17	5.35	1.49	0.12
แกนสับปะรด (P4)	16.62	48.37	9.08	3.11	0.34
แกนสับปะรด (P5)	12.71	32.41	7.78	2.60	0.39
แกนสับปะรด (P6)	14.29	19.72	8.18	5.74	1.33
แกนสับปะรด (P7)	5.02	4.97	4.13	1.58	2.17
แกนสับปะรด (P8)	6.65	5.74	8.13	4.48	2.24

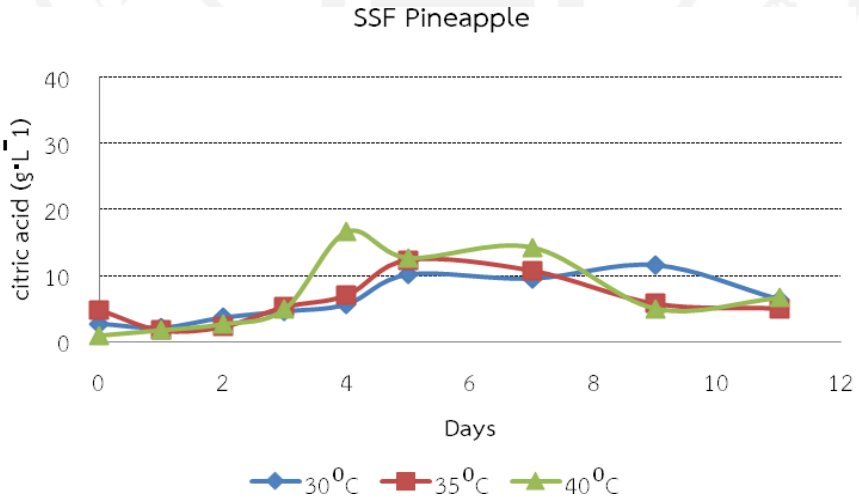
แผนภูมิที่ 6 ผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักซังขนุน



แผนภูมิที่ 7 ผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักเปลือกแตงโม



แผนภูมิที่ 8 ผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักแกนสับปะรด



สำหรับผลผลิตกรดซิตริกที่ได้จากการหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิ 30°C พบว่า ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 0.97 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 2 วัน การหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิ 35°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 2.36 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 9 วัน และการหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิ 40°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 2.58 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 5 วัน ซึ่งปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักเปลือกแตงโมมีปริมาณสูงสุดจากการหมักที่อุณหภูมิ 40°C (แผนภูมิที่ 7)

ผลผลิตกรดซิตริกที่ได้จากการหมักแกนสับปะรดภายใต้อุณหภูมิ 30°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 11.62 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 9 วัน การหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิ 35°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 12.36 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 5 วัน และการหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิ 40°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดเท่ากับ 16.62 g/L ใช้ระยะเวลาการหมัก 4 วัน ซึ่งปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักแกนสับปะรดมีปริมาณสูงสุดจากการหมักที่อุณหภูมิ 40°C (แผนภูมิที่ 8)

4.2.2 กรดไขมันระเหย และค่าพีเอชระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง

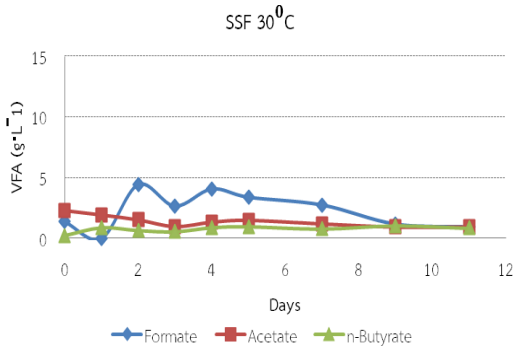
1. กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริก

กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากซังขนุน ประกอบด้วยฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท โดยพบว่าที่อุณหภูมิการหมัก 30°C เกิดกรดไขมันระเหยแต่ละชนิดดังกล่าวในปริมาณระหว่าง 0.96 – 4.43 g/L 0.91 – 2.29 g/L และ 0.23 – 1.04 g/L ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท เกิดขึ้นในปริมาณสูงที่ระยะเวลาการหมัก 2 วัน (4.43 g/L) วันแรกของการหมัก (2.29 g/L) และ 9 วัน (1.04 g/L) ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 9ก)

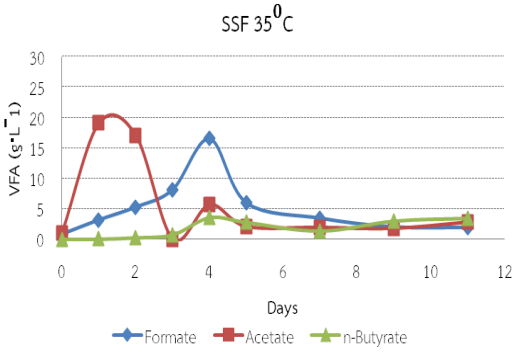
ที่อุณหภูมิการหมัก 35°C พบว่า เกิดฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท ในปริมาณระหว่าง 0.80 – 16.58 g/L 1.04 – 19.10 g/L และ 0.04 – 3.56 g/L ตามลำดับ โดยพบว่ากรดดังกล่าวเกิดขึ้นในปริมาณสูงที่ระยะเวลาการหมัก 4 วัน (16.58 g/L) 1 วัน (19.10 g/L) และ 4 วัน (3.56 g/L) ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 9ข)

ที่อุณหภูมิการหมัก 40°C พบว่า เกิดฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท ในปริมาณระหว่าง 2.08 – 37.11 g/L 1.49 – 4.02 g/L และ 0.27 – 4.84 g/L ตามลำดับ โดยพบว่ากรดดังกล่าวเกิดขึ้นในปริมาณสูงที่ระยะเวลาการหมัก 4 วัน (37.11 g/L) 3 วัน (4.02 g/L) และ 11 วัน (4.84 g/L) ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 9ค)

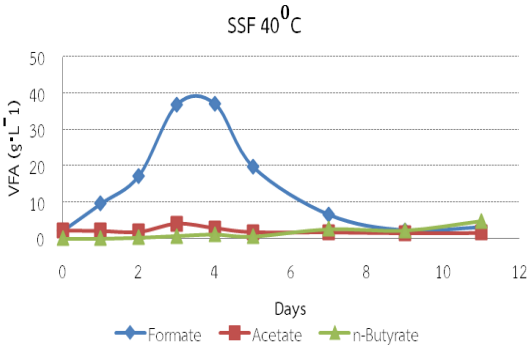
แผนภูมิที่ 9 กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากซังขนุนที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 35°C (ค) อุณหภูมิ 40°C



(ก)



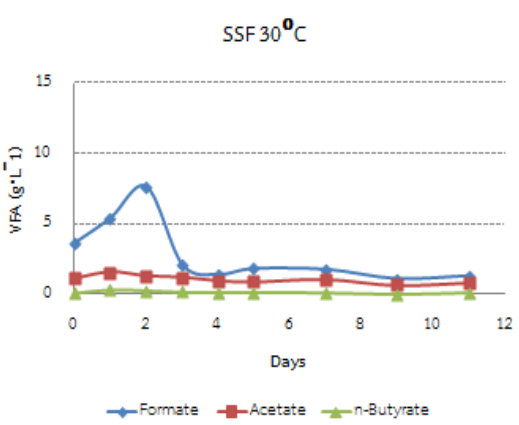
(ข)



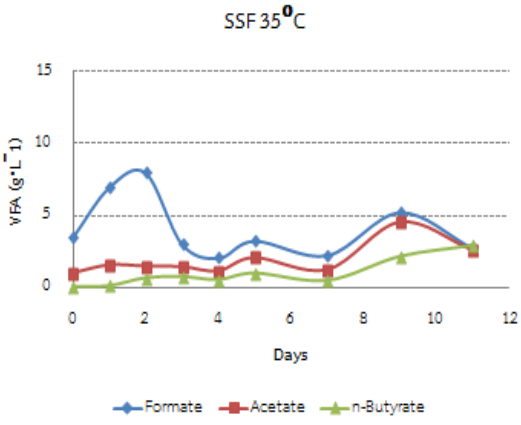
(ค)

สำหรับปริมาณกรดกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเปลือกแตงโมและแกนสับปะรด (แผนภูมิที่ 10 และแผนภูมิที่ 11) ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C 35°C และ 40°C ประกอบด้วย ฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท เช่นเดียวกัน โดยพบว่าฟอร์เมทเกิดขึ้นในปริมาณสูงกว่ากรดไขมันระเหยอีกสองชนิด โดยพบปริมาณสูงเท่ากับ 10.10 g/L (ระยะเวลาการหมัก 2 วัน) และ 9.08 g/L (ระยะเวลาการหมัก 4 วัน) จากการหมักเปลือกแตงโม และแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 40°C เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในการหมักแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 35°C พบว่า มีปริมาณอะซิเตทเกิดขึ้นในระหว่างการหมักสูงกว่าฟอร์เมทตลอดระยะเวลาการหมักทั้ง 11 วัน

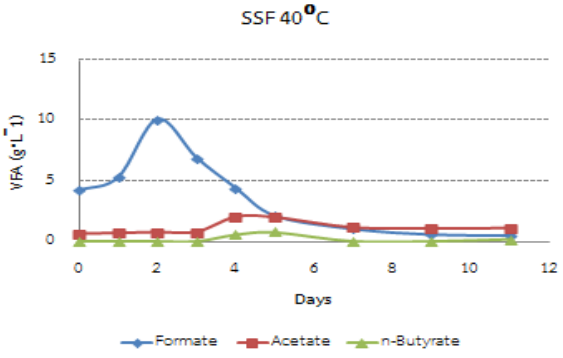
แผนภูมิที่ 10 กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 35°C (ค) อุณหภูมิ 40°C



(ก)

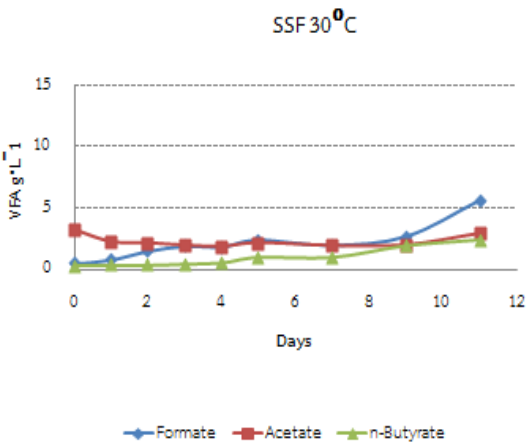


(ข)

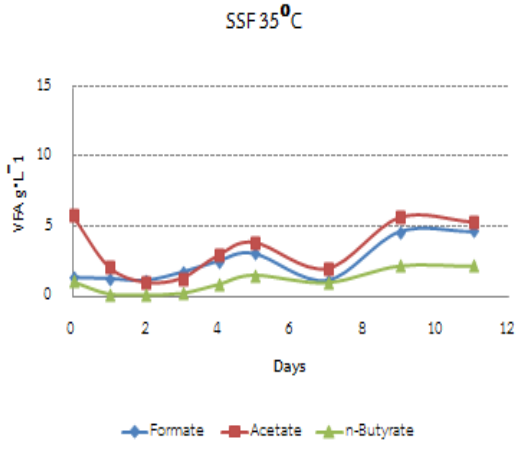


(ค)

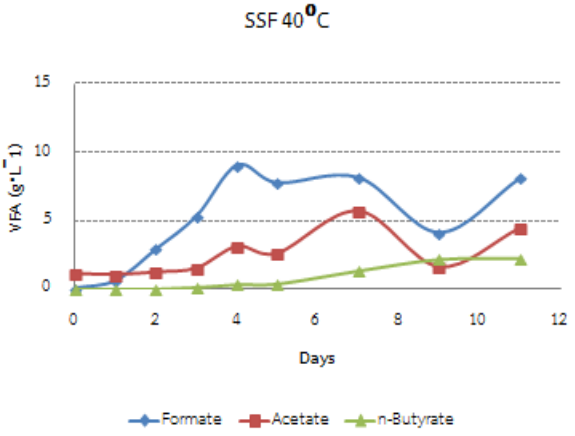
แผนภูมิที่ 11 กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากแกนสับปะรดที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 35°C (ค) อุณหภูมิ 40°C



(ก)



(ข)

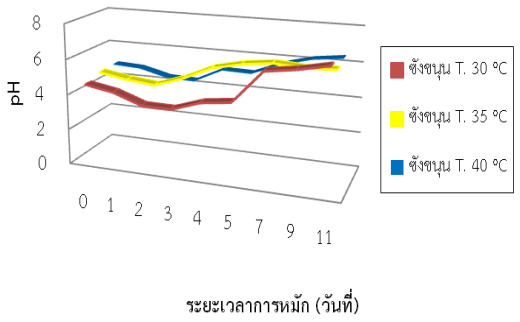


(ค)

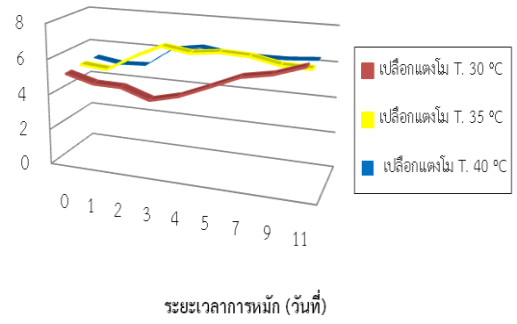
2. ค่าพีเอชระหว่างการหมักกรดซิตริก

จากการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการหมักกรดซิตริกจากเศษของเสียจากผลไม้ทั้ง 3 ชนิด บนอาหารแข็ง ที่อุณหภูมิการหมัก 30°C 35°C และ 40°C มีค่าอยู่ระหว่าง 3.66-6.82, 4.38-6.24 และ 4.33-6.40 สำหรับการหมักซังขนุน (แผนภูมิที่ 12ก) มีค่าอยู่ระหว่าง 4.17-6.80, 5.09-6.71 และ 4.99-6.41 สำหรับการหมักเปลือกแตงโม (แผนภูมิที่ 12ข) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.60-3.94, 3.39-6.20 และ 3.68-5.38 สำหรับการหมักแกนสับปะรด (แผนภูมิที่ 12ค) ตามลำดับ

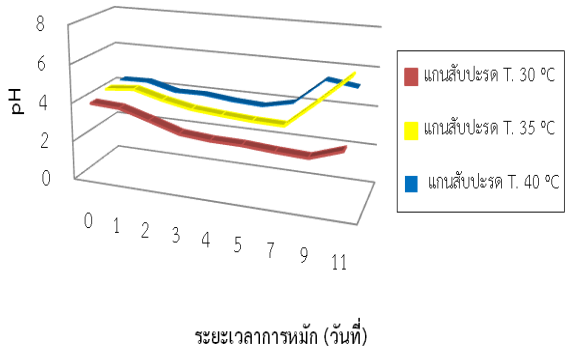
แผนภูมิที่ 12 ค่าพีเอชระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเศษของเสียชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) ซังขนุน (ข) เปลือกแตงโม (ค) แกนสับปะรด



(ก)



(ข)

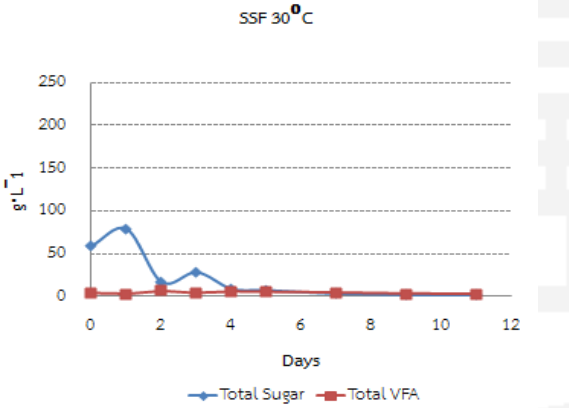


(ค)

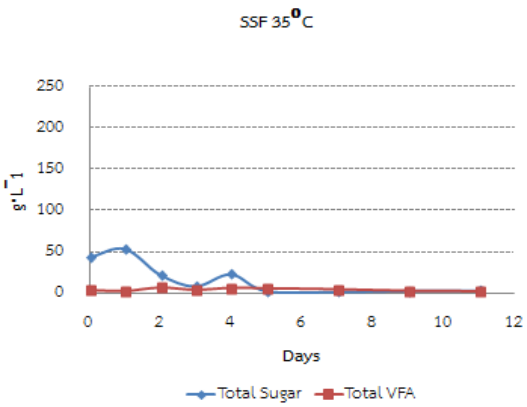
4.2.3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้แต่ละชนิดที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการหมัก มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 79.10 g/L, 48.87 g/L และ 154.55 g/L สำหรับซังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด ตามลำดับ โดยเศษของเสียจากผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด คือ แกนสับปะรด ในระหว่างการหมักซังขนุน พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลง และมีปริมาณต่ำสุดภายหลังจากการหมัก 4 วัน 5 วัน และ 7 วัน สำหรับการหมักภายใต้อุณหภูมิ 30ºC 35ºC และ 40ºC ตามลำดับ โดยระหว่างการหมักมีกรดไขมันระเหยเกิดขึ้นปริมาณต่ำ (แผนภูมิที่ 13ก-13ค)

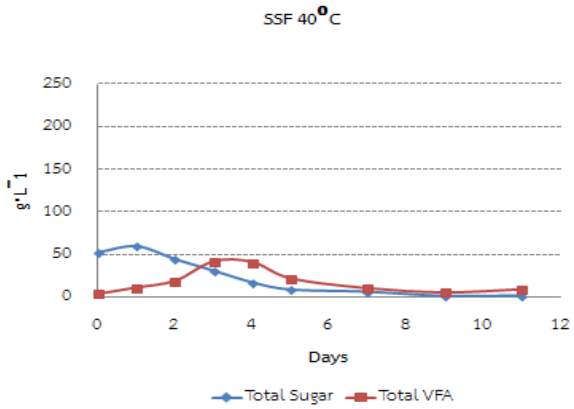
แผนภูมิที่ 13 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากซังขนุนที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30ºC (ข) อุณหภูมิ 35ºC (ค) อุณหภูมิ 40ºC



(ก)



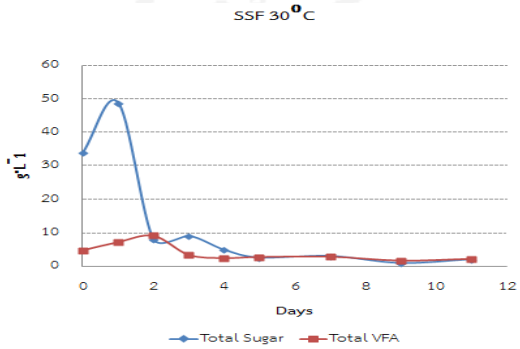
(ข)



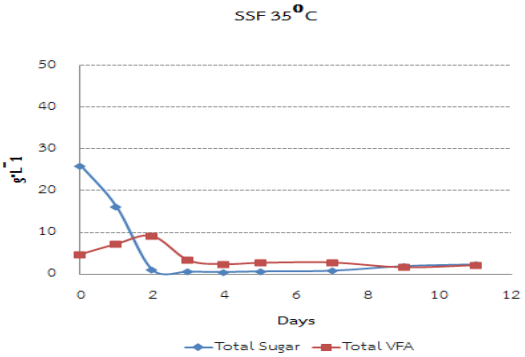
(ค)

สำหรับการหมักเปลือกแตงโม พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลงเช่นกัน และมีปริมาณต่ำสุดหลังจากการหมัก 5 วัน 2 วัน และ 7 ภายใต้อุณหภูมิ 30°C 35°C และ 40°C (แผนภูมิที่ 14ก-14ค) ในขณะที่การหมักแกนสับปะรด ก็มีลักษณะการลดลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเช่นกันกับสับสเตรตทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีปริมาณต่ำสุดภายหลังจากการหมัก 9 วัน 8 วัน และ 9 วัน ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C 35°C และ 40°C ตามลำดับ และเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก (แผนภูมิที่ 15ก–15ค)

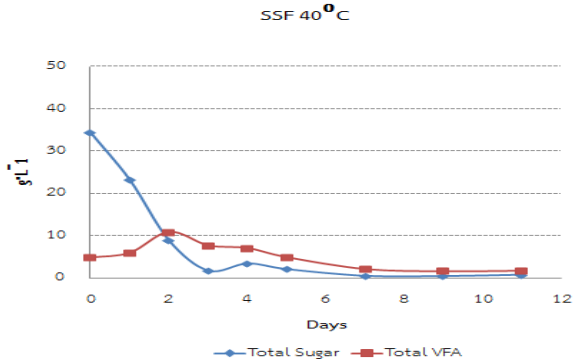
แผนภูมิที่ 14 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 35°C (ค) อุณหภูมิ 40°C



(ก)

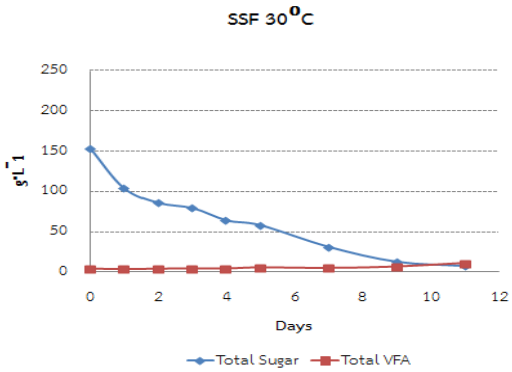


(ข)

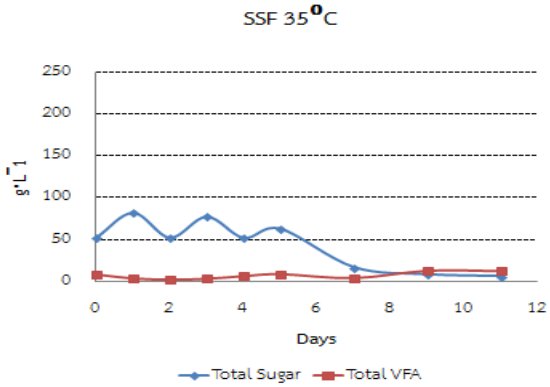


(ค)

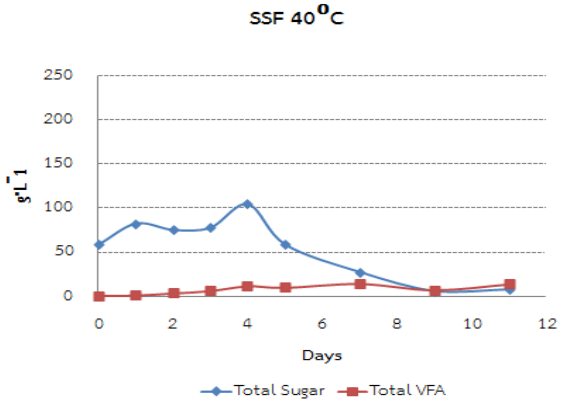
แผนภูมิที่ 15 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากแกนสับปะรดที่อุณหภูมิการหมักต่าง ๆ (ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 35°C (ค) อุณหภูมิ 40°C



(ก)



(ข)

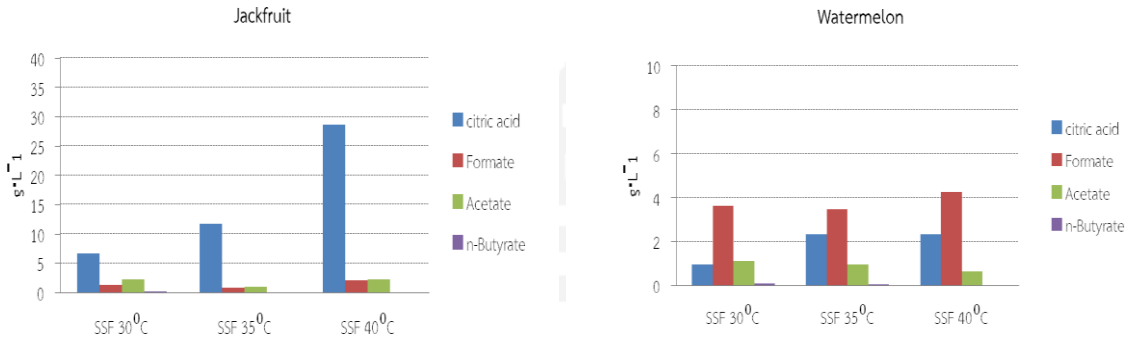


(ค)

4.3 ผลของอุณหภูมิการหมักที่มีต่อปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้บนอาหารแข็ง

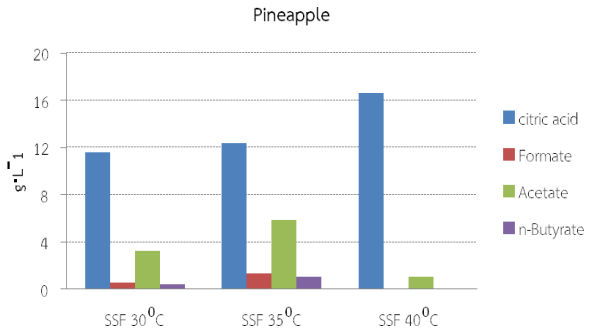
จากการทดลองหมักเศษของเสียจากผลไม้ 3 ชนิด บนอาหารแข็ง ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C 35°C และ 40°C พบว่า อุณหภูมิการหมัก 40°C ให้ผลผลิตกรดซิตริกสูงที่สุด (28.64 g/L 2.58 g/L และ 16.62 g/L สำหรับการหมักซังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด ตามลำดับ) (แผนภูมิที่ 16ก-16ค) โดยการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิดังกล่าว พบว่า เกิดกรดไขมันระเหย (ฟอร์เมท อะซิเตท และบิวทิเรท) ในปริมาณสูงเช่นเดียวกัน

แผนภูมิที่ 16 ผลของอุณหภูมิการหมักต่อผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักเศษของเสียจากผลไม้ชนิดต่าง ๆ (ก) ซังขนุน (ข) เปลือกแตงโม (ค) แกนสับปะรด



(ก)

(ข)



(ค)