

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัย แบ่งเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 4.1 ผลการศึกษาส่วนประกอบของสับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง

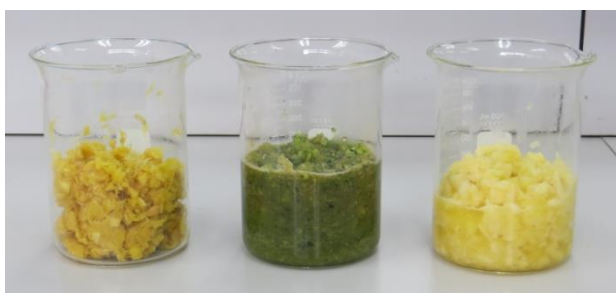
สับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะดังนี้

1. ชังขนุน (Jack fruit) ใช้ส่วนที่เป็นเส้นใยสีขาวปนเหลืองที่หุ้มวงสีเหลืองของขนุนไว้
2. เปลือกแตงโม (Water melon) ใช้ส่วนเปลือกแข็ง สีเขียว และมีลวดลายบนเปลือก
3. แคนสับปะรด (Pineapple) ใช้ส่วนที่เป็นแท่งอยู่ตรงกลางของผล เนื้อของแกนสับปะรด

มีลักษณะแข็งกระด้าง

ลักษณะของสับสเตรตภายหลังการเตรียมโดยการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 5 โดยผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของสับสเตรตดังกล่าว ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแข็งทั้งหมด (Total solids) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid) เถ้า (Ash) ความชื้น (Moisture) ซีโอดี (COD) ทีเคเอ็น (TKN) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) เซลลูโลส\* (Cellulose) และคาร์โบไฮเดรต\* (Carbohydrate) (\*ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยอื่น) แสดงดังตารางที่ 10 ซึ่งจากการศึกษา พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยของของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยง่าย เถ้า ซีโอดี และทีเคเอ็นสูงสุด คือ ชังขนุน โดยมีค่าเท่ากับ 174.80 g/kg (SD = 0.82) 155.62 g/kg (SD = 5.65) 19.18 g/kg (SD = 5.59) 182.33 g/L (SD = 0.00) และ 2.67 g/kg (SD = 0.21) สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ในเศษผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 15.33-39.06 g/kg โดยแกนสับปะรดเป็นเศษผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเฉลี่ยสูงสุด (39.06 g/kg, SD = 4.62) ในขณะที่ ตรวจไม่พบปริมาณน้ำมันและไขมันในเศษผลไม้ทุกชนิด

ภาพที่ 5 ลักษณะสับสเตรตภายหลังการเตรียมโดยการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน



ชังขนุน

เปลือกแตงโม

แกนสับปะรด

**ตารางที่ 10** องค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของสับสเตรตที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	แกนสับปรด		ซังขุ่น		เปลือกแดงโม	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
ความเป็นกรดต่าง (pH)*	3.80	0.01	4.70	0.02	5.21	0.01
ของแข็งทั้งหมด (Total solids, g/kg)*	145.37	0.84	174.80	0.82	64.00	2.97
ของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, g/kg)*	142.56	0.74	155.62	5.65	52.02	0.59
เถ้า (Ash, g/kg)*	2.82	0.12	19.18	5.59	11.98	3.03
ความชื้น (Moisture, %)*	82.68	0.55	85.31	0.83	92.87	0.26
ซีไอดี (COD, g/L)*	153.73	8.23	182.33	0.00	70.48	1.85
ทีเคเอ็น (TKN, g/kg)*	nd		2.67	0.21	nd	
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)*	nd		nd		nd	
น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar, g/kg)**	39.06	4.62	31.00	0.42	15.33	1.54
เซลลูโลส*** (Cellulose, %)	17.34		1.80		-	
คาร์โบไฮเดรต*** (Carbohydrate, %)	86.46		29.20		-	

\* วิธีวิเคราะห์ตาม APHA. (1998)

\*\* วิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric ของ Dobois. (1956)

\*\*\* ข้อมูลจากงานวิจัยอื่น (จินตนา บมขุนทด (2555) ประดิษฐ์ คำหนองไผ่ (2556))

nd = ตรวจไม่พบ

#### 4.2 ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตกรดแลคติกจากกระบวนการหมักเศษผลไม้

จากผลการทดลองหมักเศษผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ ชั่งขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด แบบไร้อากาศ โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* สายพันธุ์ TISTR 926 ทำการแปรผันสภาวะที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก พบว่า ได้ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกและผลผลิตพลอยได้อื่น ๆ เช่น ไซโลส อราบีโนส กรดซัคซินิค กรดฟอร์มิก และอะซิเตท เป็นต้น ซึ่งผลผลิตหลักของการหมักในครั้งนี้ คือ กรดแลคติก ในแต่ละชุดทดลองที่มีอุณหภูมิในการหมักแตกต่างกัน มีดังนี้ (1.3577-9.7099 g/L, 0.5655-7.3986 g/L, 0.6850-8.1955 g/L) (0.6041-13.2234 g/L, 0.8454-10.0923 g/L, 1.5638-10.9423 g/L) และ (1.6040-8.6757 g/L, 0.6516-7.4207 g/L, 0.6847-6.6069 g/L) สำหรับผลผลิตกรดแลคติกจาก ชั่งขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด ที่อุณหภูมิการหมัก 30°C 35°C และ 40°C ตามลำดับ (ตารางที่ 11-13)

**ตารางที่ 11** ผลผลิตกรดแลคติกและผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ (ชุดทดลองกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 30°C pH เริ่มต้น = 3.40-5.08, 4.45-5.95, 3.86-6.06)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ชุดควบคุม (G1, d <sub>0</sub> )	1.43684	1.33922	0.00465	0.01725	0.73937	0	0.2805	0
ชุดควบคุม (G2, d <sub>2</sub> )	0	0.30528	0.00534	0.0593	3.57106	0	0.3108	0
ชุดควบคุม (G3, d <sub>4</sub> )	0	0.16987	0.00465	0.06496	3.7119	0	0.30675	0
ชุดควบคุม (G4, d <sub>6</sub> )	0	0.18213	0.00455	0.06912	3.94225	0	0.326	0
ชุดควบคุม (G5, d <sub>9</sub> )	0	0.18326	0.00484	0.06648	3.98221	0	0.33356	0
ชุดควบคุม (JC1, d <sub>0</sub> )	4.68047	6.47246	0	0.05537	1.62337	0.28255	1.05133	0.18002
ชุดควบคุม (JC2, d <sub>2</sub> )	1.90589	4.61127	0	0.52198	6.36599	0	1.08689	0.18898
ชุดควบคุม (JC3, d <sub>4</sub> )	1.01337	4.31045	0	0.57678	8.56297	0	1.16248	0.21603
ชุดควบคุม (JC4, d <sub>6</sub> )	0.91134	4.20318	0	0.56994	8.50508	0	1.13726	0.22495
ชุดควบคุม (JC5, d <sub>9</sub> )	0.89439	4.18096	0	0.55811	8.47804	0	1.15911	0.25828

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 5 (J51, d <sub>0</sub> )	4.00543	5.75967	0	0.05446	1.59716	0.40201	1.08815	0.34563
ซังขนุน pH 5 (J52, d <sub>2</sub> )	1.54787	4.26015	0.00933	0.49358	6.11488	0	1.13277	0.27917
ซังขนุน pH 5 (J53, d <sub>4</sub> )	0.66415	3.93745	0	0.54228	8.25512	0	1.23747	0.3454
ซังขนุน pH 5 (J54, d <sub>6</sub> )	0.58397	3.79871	0	0.54302	8.15461	0	1.18179	0.31898
ซังขนุน pH 5 (J55, d <sub>9</sub> )	0.58422	3.82527	0	0.52826	8.25607	0	1.23652	0.3261
ซังขนุน pH 6 (J61, d <sub>0</sub> )	3.52727	5.2949	0	0.04839	1.66192	0.43499	0.99205	0.41404
ซังขนุน pH 6 (J62, d <sub>2</sub> )	0.91768	4.22803	0	0.57001	7.0599	0	1.16912	0.3621
ซังขนุน pH 6 (J63, d <sub>4</sub> )	0.29396	3.61611	0	0.57652	8.2323	0	1.14468	0.39059
ซังขนุน pH 6 (J64, d <sub>6</sub> )	0.25234	3.66091	0	0.58572	8.52463	0	1.2002	0.50219
ซังขนุน pH 6 (J65, d <sub>9</sub> )	0.22056	3.42919	0	0.55363	8.06411	0	1.11695	0.38696

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 7 (J71, d <sub>0</sub> )	3.57684	5.09577	0	0.06766	1.3577	0.32896	0.78408	0.27998
ซังขนุน pH 7 (J72, d <sub>2</sub> )	0.61579	3.65444	0	0.5169	7.90141	0	1.0184	0.21212
ซังขนุน pH 7 (J73, d <sub>4</sub> )	0.2005	2.85016	0	0.51633	8.45125	0	0.95657	0.22942
ซังขนุน pH 7 (J74, d <sub>6</sub> )	0.13631	2.88865	0.00934	0.55108	9.04402	0	1.02051	0.23833
ซังขนุน pH 7 (J75, d <sub>9</sub> )	0.07247	2.87922	0	0.59048	9.70996	0	1.08328	0.26517
เปลือกแตงโม pH 5 (W51, d <sub>0</sub> )	1.7195	4.12539	0	0	0.68472	0	0.20266	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W52, d <sub>2</sub> )	0.04534	1.57606	0	0.01116	5.76103	0	0.25686	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W53, d <sub>4</sub> )	0.04591	0.16821	0	0.0122	7.39866	0	0.27223	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W54, d <sub>6</sub> )	0.04489	0.16077	0.00879	0.01287	7.1898	0	0.26351	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W55, d <sub>9</sub> )	0.04712	0.1663	0	0.01295	7.21994	0	0.26728	0

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
เปลือกแดงโม pH 6 (W61, d <sub>0</sub> )	1.51793	3.6055	0	0	0.73614	0	0.23573	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W62, d <sub>2</sub> )	0.00966	0.9211	0	0.00979	6.08507	0	0.30953	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W63, d <sub>4</sub> )	0.01184	0.14761	0	0.00932	6.78703	0	0.2942	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W64, d <sub>6</sub> )	0.00997	0.13793	0.01037	0.00777	6.58504	0	0.28563	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W65, d <sub>9</sub> )	0.01091	0.15257	0	0.00884	6.9181	0	0.31417	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W71, d <sub>0</sub> )	1.26252	2.53768	0	0	0.56558	0	0.27578	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W72, d <sub>2</sub> )	0.01188	0.38527	0	0.03524	6.98256	0	0.49076	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W73, d <sub>4</sub> )	0.00824	0.37753	0	0.03351	6.8826	0	0.48904	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W74, d <sub>6</sub> )	0.01085	0.3832	0	0.03646	7.04536	0	0.48744	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W75, d <sub>9</sub> )	0.00785	0.39149	0	0.04097	7.32363	0	0.52316	0

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนสับปะรด pH 5 (P51, d <sub>0</sub> )	6.28836	5.82505	0	0.01648	0.76881	0	0.20999	0.09103
แกนสับปะรด pH 5 (P52, d <sub>2</sub> )	4.7004	4.42728	0	0.04959	4.30714	0	0.31156	0.08688
แกนสับปะรด pH 5 (P53, d <sub>4</sub> )	3.96037	3.45078	0.00432	0.06428	6.65263	0	0.36074	0.07782
แกนสับปะรด pH 5 (P54, d <sub>6</sub> )	3.70672	2.99458	0.00773	0.06859	7.59534	0	0.38064	0.08873
แกนสับปะรด pH 5 (P55, d <sub>9</sub> )	3.37101	2.67301	0.00812	0.06383	7.29067	0	0.35597	0.0854
แกนสับปะรด pH 6 (P61, d <sub>0</sub> )	6.13101	5.70916	0	0.02012	0.71135	0.12041	0.21395	0.13177
แกนสับปะรด pH 6 (P62, d <sub>2</sub> )	4.06636	4.01201	0	0.05319	4.51559	0	0.34583	0.1097
แกนสับปะรด pH 6 (P63, d <sub>4</sub> )	3.93981	3.59141	0	0.06676	6.00039	0	0.34071	0.08049
แกนสับปะรด pH 6 (P64, d <sub>6</sub> )	3.82905	3.34186	0	0.06895	6.54258	0	0.35116	0.08609
แกนสับปะรด pH 6 (P65, d <sub>9</sub> )	3.42017	2.95769	0	0.06378	6.17087	0	0.33338	0.08875



ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนสับปรด pH 7 (P71, d <sub>0</sub> )	5.40591	5.50997	0	0.04144	0.68508	0.14158	0.39307	0.08871
แกนสับปรด pH 7 (P72, d <sub>2</sub> )	2.76879	3.93378	0	0.08876	6.23897	0	0.53337	0.07593
แกนสับปรด pH 7 (P73, d <sub>4</sub> )	2.47426	2.8273	0	0.08944	7.42863	0	0.52905	0.04796
แกนสับปรด pH 7 (P74, d <sub>6</sub> )	2.4474	2.72097	0	0.09255	7.81095	0	0.54364	0.0701
แกนสับปรด pH 7 (P75, d <sub>9</sub> )	2.48172	2.74461	0	0.09153	8.19555	0	0.56815	0.0731

**ตารางที่ 12** ผลผลิตกรดแลคติกและผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ (ชุดทดลอง กระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 35°C pH เริ่มต้น = 4.72-6.81, 4.64-7.25, 3.94-7.02)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ชุดควบคุม (G1, d <sub>0</sub> )	13.0323	1.54289	0	0	0.76064	0	0.54708	0
ชุดควบคุม (G2, d <sub>2</sub> )	13.78518	1.62168	0	0	0.93748	0	0.6041	0
ชุดควบคุม (G3, d <sub>4</sub> )	12.36003	1.07128	0	0	2.49207	0	0.57314	0
ชุดควบคุม (G4, d <sub>6</sub> )	12.15022	0.13626	0	0	3.51164	0	0.603	0
ชุดควบคุม (G5, d <sub>9</sub> )	11.16288	0	0.14762	0	3.26322	0	0.54759	0
ชุดควบคุม (JC1, d <sub>0</sub> )	8.51764	9.80857	0	0	0.81776	0	0.51053	0
ชุดควบคุม (JC2, d <sub>2</sub> )	3.49555	6.39822	0	0.06467	10.05601	0	0.86527	0
ชุดควบคุม (JC3, d <sub>4</sub> )	2.36162	5.6106	0	0.05733	11.72973	0	0.96494	0
ชุดควบคุม (JC4, d <sub>6</sub> )	2.39374	5.72948	0	0.05773	12.11829	0	1.01333	0
ชุดควบคุม (JC5, d <sub>9</sub> )	2.36162	5.66545	0	0.05967	11.95321	0	1.00974	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 5 (J51, d <sub>0</sub> )	8.48709	9.86287	0	0	0.80265	0	0.52767	0
ซังขนุน pH 5 (J52, d <sub>2</sub> )	3.38421	6.37304	0	0.25669	9.90303	0	0.81367	0
ซังขนุน pH 5 (J53, d <sub>4</sub> )	2.36637	5.837	0	0	12.21596	0	0.99873	0
ซังขนุน pH 5 (J54, d <sub>6</sub> )	2.33552	5.76366	0	0	12.02916	0	0.97285	0
ซังขนุน pH 5 (J55, d <sub>9</sub> )	2.35237	5.80268	0	0	12.11589	0	0.99452	0
ซังขนุน pH 6 (J61, d <sub>0</sub> )	8.45234	9.82118	0	0	0.60415	0	0.41839	0
ซังขนุน pH 6 (J62, d <sub>2</sub> )	3.15451	6.60969	0	0.24113	9.9129	0	0.84717	0
ซังขนุน pH 6 (J63, d <sub>4</sub> )	2.22369	5.88115	0	0.25244	11.56191	0	0.93281	0
ซังขนุน pH 6 (J64, d <sub>6</sub> )	2.25773	5.95044	0	0.25427	11.64559	0	0.95777	0
ซังขนุน pH 6 (J65, d <sub>9</sub> )	2.21161	5.83465	0	0.25158	11.41814	0	0.92296	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 7 (J71, d <sub>0</sub> )	18.76333	8.10288	0.00355	0.01886	0.82391	0.16352	1.16434	0
ซังขนุน pH 7 (J72, d <sub>2</sub> )	13.69476	3.47756	0.00263	0.14449	10.24267	0	1.34828	0
ซังขนุน pH 7 (J73, d <sub>4</sub> )	14.16096	2.02056	0	0.53442	12.21631	0	1.62593	0
ซังขนุน pH 7 (J74, d <sub>6</sub> )	12.22697	0.14402	0.92709	0.49275	11.05728	0	1.42333	0
ซังขนุน pH 7 (J75, d <sub>9</sub> )	13.12563	0.18351	0.89826	0.57308	13.22345	0	1.58559	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W51, d <sub>0</sub> )	2.91382	5.57263	0	0	0.8454	0	0.47774	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W52, d <sub>2</sub> )	0.16025	2.3058	0	0	7.82284	0	0.59601	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W53, d <sub>4</sub> )	0.02467	0.27104	0	0	9.61994	0	0.57438	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W54, d <sub>6</sub> )	0.02547	0.30351	0	0	9.95624	0	0.59392	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W55, d <sub>9</sub> )	0.02585	0.30335	0	0	9.99499	0	0.62083	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
เปลือกเต็งโม pH 6 (W61, d <sub>0</sub> )	2.77655	5.35762	0	0	0.85045	0	0.46992	0
เปลือกเต็งโม pH 6 (W62, d <sub>2</sub> )	0.03964	1.86972	0	0.01334	6.96645	0	0.50973	0
เปลือกเต็งโม pH 6 (W63, d <sub>4</sub> )	0.00858	0.31909	0	0	10.07867	0	0.64975	0
เปลือกเต็งโม pH 6 (W64, d <sub>6</sub> )	0.00773	0.31444	0	0	9.97828	0	0.6185	0
เปลือกเต็งโม pH 6 (W65, d <sub>9</sub> )	0.00799	0.31705	0	0	10.09232	0	0.64365	0
เปลือกเต็งโม pH 7 (W71, d <sub>0</sub> )	14.54982	3.44735	0	0	0.98217	0.20956	1.04377	0
เปลือกเต็งโม pH 7 (W72, d <sub>2</sub> )	12.96977	1.38591	0	0.17143	4.72341	0.07745	1.07828	0
เปลือกเต็งโม pH 7 (W73, d <sub>4</sub> )	13.05042	1.20425	0	0.3136	4.79364	0.10904	1.19944	0
เปลือกเต็งโม pH 7 (W74, d <sub>6</sub> )	13.49701	0.43091	0	0.43333	4.79077	0.13659	1.22254	0
เปลือกเต็งโม pH 7 (W75, d <sub>9</sub> )	13.02281	0.40427	0	0.37157	4.4319	0.14517	1.22111	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนสับปรด pH 5 (P51, d <sub>0</sub> )	4.10213	4.82651	0	0	1.56384	0	0.86528	0.22103
แกนสับปรด pH 5 (P52, d <sub>2</sub> )	3.55883	5.50748	0	0	5.89018	0	1.26422	0.24863
แกนสับปรด pH 5 (P53, d <sub>4</sub> )	1.62771	3.98982	0	0	9.20177	0	1.32409	0.18168
แกนสับปรด pH 5 (P54, d <sub>6</sub> )	1.34266	3.68377	0	0.04589	9.46646	0	1.31991	0.2005
แกนสับปรด pH 5 (P55, d <sub>9</sub> )	1.3399	3.71393	0	0.0465	9.62573	0	1.35642	0.19836
แกนสับปรด pH 6 (P61, d <sub>0</sub> )	3.93248	6.44507	0	0	2.29523	0.4474	1.43148	0.62977
แกนสับปรด pH 6 (P62, d <sub>2</sub> )	2.73177	5.6522	0	0	4.21011	0	1.47694	0.63519
แกนสับปรด pH 6 (P63, d <sub>4</sub> )	0.70188	4.62287	0	0	8.57	0	1.57097	0.56088
แกนสับปรด pH 6 (P64, d <sub>6</sub> )	0.28582	4.29232	0	0	9.20111	0	1.62932	0.64442
แกนสับปรด pH 6 (P65, d <sub>9</sub> )	0.3296	0	3.86142	0.02665	8.00927	0	1.42395	0.63727

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนสับปรด pH 7 (P71, d <sub>0</sub> )	15.73663	7.10066	0	0	2.08071	0.59846	1.52741	0.53097
แกนสับปรด pH 7 (P72, d <sub>2</sub> )	12.58205	2.87267	0	0.26087	9.94784	0	1.53838	0.47038
แกนสับปรด pH 7 (P73, d <sub>4</sub> )	12.64599	2.45532	0	0.27826	10.55543	0	1.50362	0.53558
แกนสับปรด pH 7 (P74, d <sub>6</sub> )	12.69301	2.35521	0	0.27356	10.71552	0	1.49744	0.5396
แกนสับปรด pH 7 (P75, d <sub>9</sub> )	12.77621	2.22478	0	0.27088	10.94236	0	1.48347	0.51816

**ตารางที่ 13** ผลผลิตกรดแลคติกและผลผลิตอื่น ๆ จากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ (ชุดทดลองกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 40°C pH เริ่มต้น = 4.14-4.96, 4.43-6.01, 3.88-6.00) (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ชุดควบคุม (G1, d <sub>0</sub> )	1.11857	1.08541	0	0.01067	0.68311	0	0.22777	0
ชุดควบคุม (G2, d <sub>2</sub> )	2.23425	0.02465	0.90355	0	2.02583	0	0	0
ชุดควบคุม (G3, d <sub>4</sub> )	0	0.05277	0.14206	0.12897	2.96911	0	0.45632	0.17847
ชุดควบคุม (G4, d <sub>6</sub> )	0	0.04325	0.11953	0.06038	2.95287	0	0.4339	0.06415
ชุดควบคุม (G5, d <sub>9</sub> )	0	0.03986	0.11909	0.06135	2.96784	0	0.44593	0.07236
ชุดควบคุม (JC1, d <sub>0</sub> )	4.08232	6.14341	0	0.06716	1.94949	0.6305	1.20612	0.44977
ชุดควบคุม (JC2, d <sub>2</sub> )	2.11296	4.34795	0	0.37382	6.05768	0	1.23105	0.47042
ชุดควบคุม (JC3, d <sub>4</sub> )	1.54832	3.84372	0	0.42195	7.34109	0	1.25959	0.45863
ชุดควบคุม (JC4, d <sub>6</sub> )	1.66183	4.06066	0	0.45264	7.8056	0	1.33278	0.50903
ชุดควบคุม (JC5, d <sub>9</sub> )	1.47504	3.62319	0	0.40273	6.94942	0	1.19645	0.45312



ตารางที่ 13 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 5 (J51, d <sub>0</sub> )	4.04845	6.33537	0	0.0519	1.93511	0.51462	1.27722	0.42469
ซังขนุน pH 5 (J52, d <sub>2</sub> )	2.12002	4.24317	0	0.28957	4.92266	0	1.15623	0.2993
ซังขนุน pH 5 (J53, d <sub>4</sub> )	2.05409	4.68899	0	0.42023	7.21221	0	1.46086	0.40889
ซังขนุน pH 5 (J54, d <sub>6</sub> )	2.04749	4.73115	0	0.4322	7.38437	0	1.48536	0.38614
ซังขนุน pH 5 (J55, d <sub>9</sub> )	1.81125	4.17438	0	0.37397	6.50183	0	1.34105	0.3657
ซังขนุน pH 6 (J61, d <sub>0</sub> )	2.52987	4.31551	0	0.04448	1.60405	0.60712	0.95992	0.49657
ซังขนุน pH 6 (J62, d <sub>2</sub> )	1.34938	4.01051	0	0.35943	6.16561	0	1.27546	0.68005
ซังขนุน pH 6 (J63, d <sub>4</sub> )	0.68487	3.16839	0	0.37804	6.85962	0	1.19716	0.5256
ซังขนุน pH 6 (J64, d <sub>6</sub> )	0.73373	3.72187	0	0.45467	8.13373	0	1.41291	0.63494
ซังขนุน pH 6 (J65, d <sub>9</sub> )	0.66893	3.25035	0	0.39262	7.11028	0	1.24309	0.60385

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
ซังขนุน pH 7 (J71, d <sub>0</sub> )	3.299	5.28975	0	0.10391	1.63448	0.56996	0.88278	0.45199
ซังขนุน pH 7 (J72, d <sub>2</sub> )	0.56172	3.26719	0	0.40583	7.0186	0	0.97212	0.4465
ซังขนุน pH 7 (J73, d <sub>4</sub> )	0.23334	3.13133	0	0.46167	8.27197	0	1.06758	0.47636
ซังขนุน pH 7 (J74, d <sub>6</sub> )	0.22223	3.06908	0	0.45607	8.22422	0	1.05715	0.40478
ซังขนุน pH 7 (J75, d <sub>9</sub> )	0.23543	3.23747	0	0.48118	8.67574	0	1.11989	0.48983
เปลือกแตงโม pH 5 (W51, d <sub>0</sub> )	1.586	3.61833	0	0	0.7674	0	0.22611	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W52, d <sub>2</sub> )	0.04164	0.54414	0	0	6.33226	0	0.297	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W53, d <sub>4</sub> )	0.04536	0.19946	0	0	7.03743	0	0.33025	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W54, d <sub>6</sub> )	0.04363	0.19652	0	0.00565	7.18201	0	0.32546	0
เปลือกแตงโม pH 5 (W55, d <sub>9</sub> )	0.04482	0.2002	0	0	7.42073	0	0.34622	0

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
เปลือกแดงโม pH 6 (W61, d <sub>0</sub> )	1.66563	3.76607	0	0	0.83373	0	0.26684	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W62, d <sub>2</sub> )	0.00743	0.69698	0	0.01467	6.43353	0	0.33557	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W63, d <sub>4</sub> )	0.00751	0.48493	0	0	5.41365	0	0.28398	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W64, d <sub>6</sub> )	0.01242	0.63708	0	0	5.22496	0	0.2793	0
เปลือกแดงโม pH 6 (W65, d <sub>9</sub> )	0	0.61197	0	0	6.81231	0	0.35274	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W71, d <sub>0</sub> )	1.57109	2.99272	0	0	0.65167	0	0.30707	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W72, d <sub>2</sub> )	0	0.19523	0.22489	0.02099	5.69519	0	0.39133	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W73, d <sub>4</sub> )	0	0.18616	0.21988	0.02173	5.72775	0	0.39013	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W74, d <sub>6</sub> )	0	0.22086	0.25651	0.02345	5.99316	0	0.41137	0
เปลือกแดงโม pH 7 (W75, d <sub>9</sub> )	0	0.19614	0.22833	0.02103	5.66212	0	0.39393	0

ตารางที่ 13 (ต่อ)

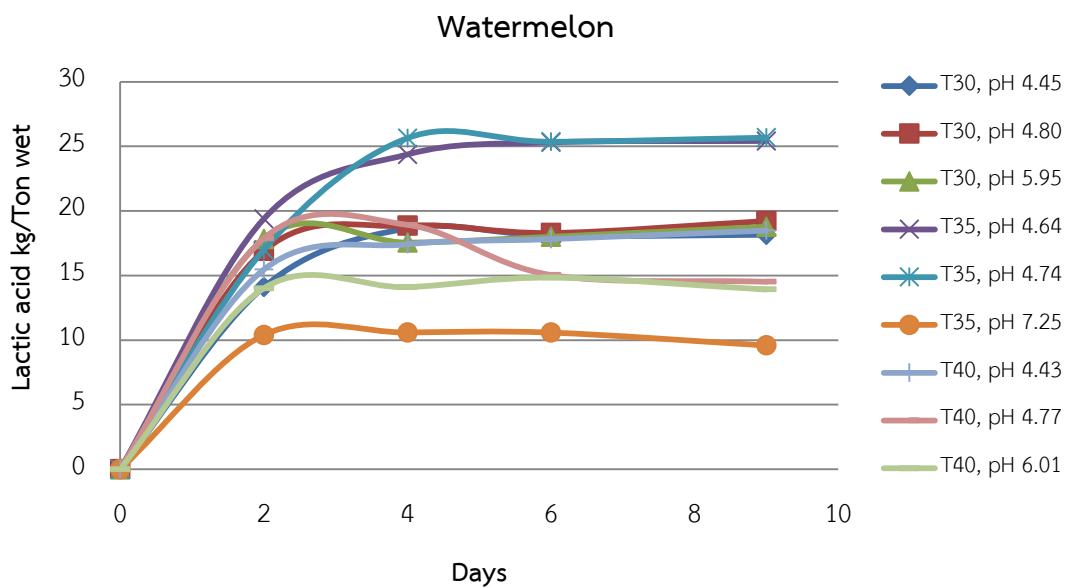
ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนลึบประรด pH 5 (P51, d <sub>0</sub> )	5.90373	5.53859	0	0.01705	0.86352	0.03032	0.21864	0.13809
แกนลึบประรด pH 5 (P52, d <sub>2</sub> )	4.80523	4.7847	0	0.03205	3.85976	0	0.35548	0.14901
แกนลึบประรด pH 5 (P53, d <sub>4</sub> )	3.57612	3.53863	0	0.03458	4.03476	0	0.3232	0.11528
แกนลึบประรด pH 5 (P54, d <sub>6</sub> )	4.1551	4.10214	0.00796	0.04026	4.75744	0	0.40133	0.15083
แกนลึบประรด pH 5 (P55, d <sub>9</sub> )	4.17203	4.11064	0.00347	0.04094	4.77383	0	0.39954	0.14898
แกนลึบประรด pH 6 (P61, d <sub>0</sub> )	5.53442	5.20674	0	0.02054	0.68471	0.17516	0.21064	0.18362
แกนลึบประรด pH 6 (P62, d <sub>2</sub> )	4.0856	4.13883	0	0.04132	5.44567	0	0.41289	0.23574
แกนลึบประรด pH 6 (P63, d <sub>4</sub> )	3.81552	3.75295	0	0.04539	5.85943	0	0.40738	0.22417
แกนลึบประรด pH 6 (P64, d <sub>6</sub> )	3.56896	3.51539	0	0.04307	5.44569	0	0.37873	0.20161
แกนลึบประรด pH 6 (P65, d <sub>9</sub> )	3.41007	3.35785	0	0.03859	5.18491	0	0.36029	0.15032

ตารางที่ 13 (ต่อ)

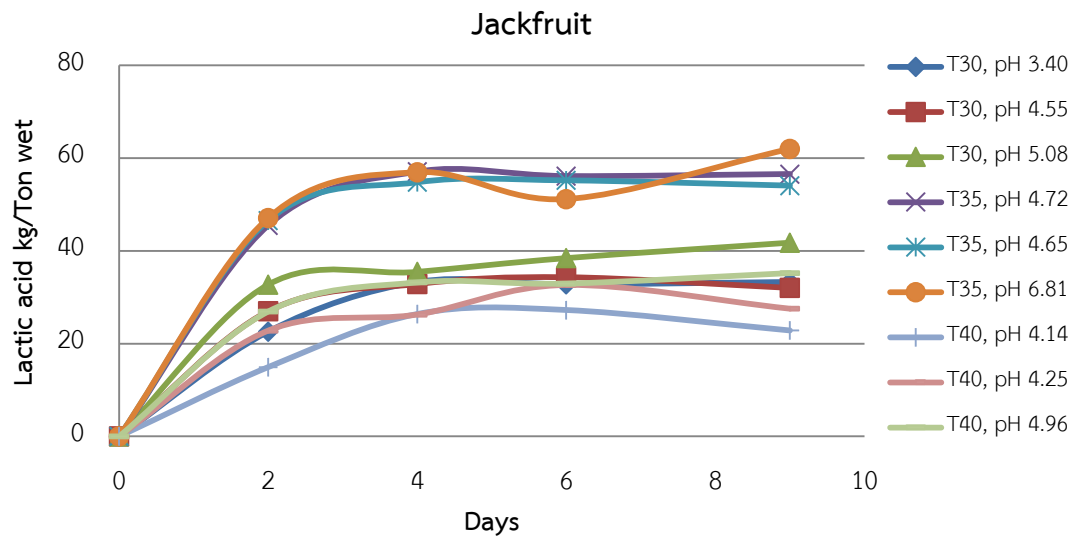
ชุดทดลอง	Glucose (g/L)	Xylose (g/L)	Arabinose (g/L)	Succinate (g/L)	Lactate (g/L)	Formate (g/L)	Acetate (g/L)	Ethanol (g/L)
แกนสับปรด pH 7 (P71, d <sub>0</sub> )	5.65482	5.73975	0.0044	0.04117	0.73307	0.11358	0.40813	0.15973
แกนสับปรด pH 7 (P72, d <sub>2</sub> )	2.45308	3.10715	0	0.05544	4.975	0	0.47621	0.12117
แกนสับปรด pH 7 (P73, d <sub>4</sub> )	2.64358	3.32243	0	0.06328	5.89741	0	0.53845	0.14157
แกนสับปรด pH 7 (P74, d <sub>6</sub> )	2.81842	3.56262	0	0.06859	6.36525	0	0.57638	0.16021
แกนสับปรด pH 7 (P75, d <sub>9</sub> )	2.94207	3.70511	0	0.06923	6.60696	0	0.60452	0.13739

จากการทดลอง พบว่า ผลผลิตกรดแลคติกที่ได้จากสับสเตรตแต่ละชนิด ได้แก่ เปลือกแตงโม มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 26 kg/ton wt substrate ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C และค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 4.74 เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน ผลผลิตกรดแลคติกที่ได้จากการหมักซังขนุน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 57 kg/ton wt substrate เมื่อทำการหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน และค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 6.81 ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C และผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับปะรด มีค่าสูงสุดเท่ากับ 56 kg/ton wt substrate เมื่อทำการหมักเป็นระยะเวลา 2 วัน ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C เช่นเดียวกัน และค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 7.02 (แผนภูมิที่ 6-8)

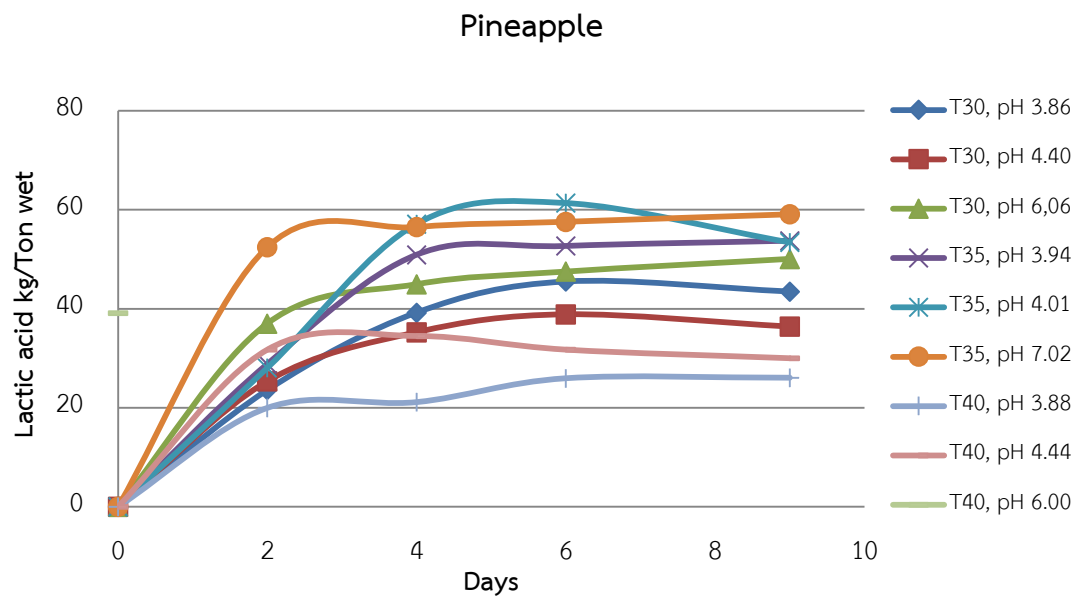
แผนภูมิที่ 6 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโม



แผนภูมิที่ 7 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุน



แผนภูมิที่ 8 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับปะรด

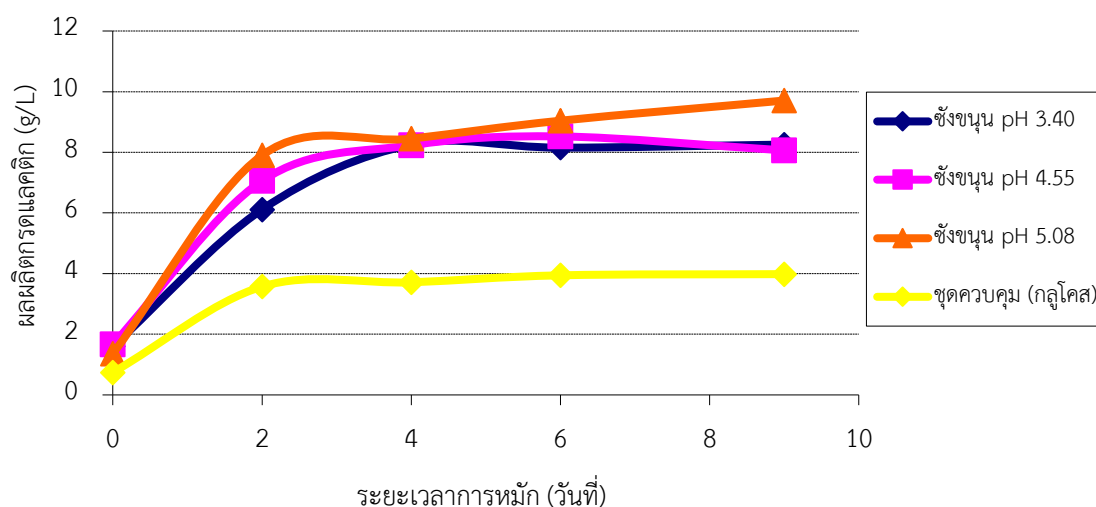


### 4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตกรดแลคติกจากกระบวนการหมักเศษผลไม้

4.3.1 ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น (pH เริ่มต้น) 3.40-4.45, 4.40-4.80, 5.08-6.06 อุณหภูมิ การหมัก 30°C

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการหมักซังขนุนแบบไร้อากาศเป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุม อุณหภูมิในการหมัก 30°C พบว่า การหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของซังขนุนให้มีค่าเท่ากับ 5.08 ให้ผลผลิตกรดแลคติกสูงสุด คือ 9.7099 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 9)

แผนภูมิที่ 9 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุนที่อุณหภูมิ 30°C

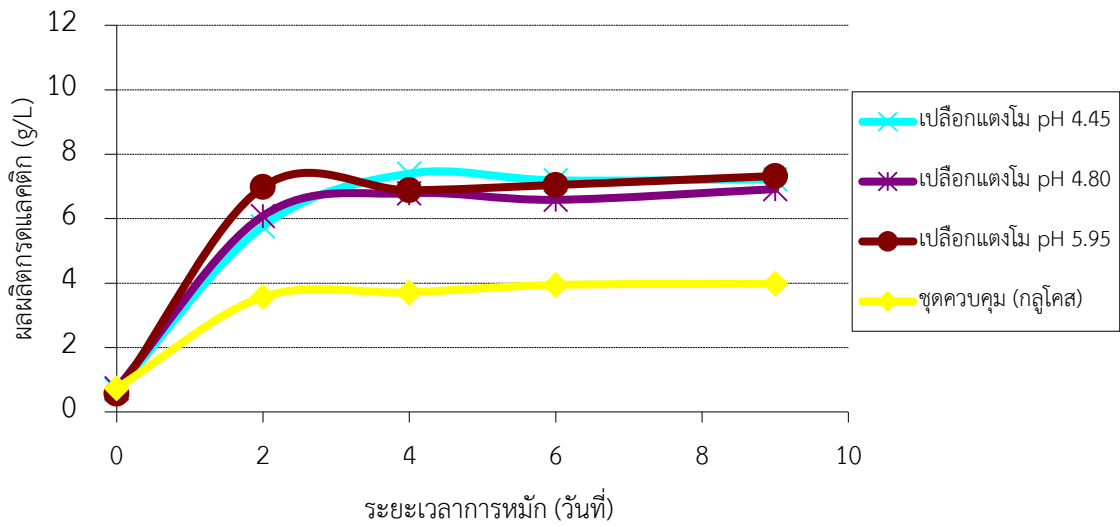


จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมแบบไร้อากาศเป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิในการหมัก 30°C พบว่า การหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของเปลือกแตงโมให้มีค่าเท่ากับ 5.95 ให้ผลผลิตกรดแลคติกสูงสุด คือ 7.3986 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 10)

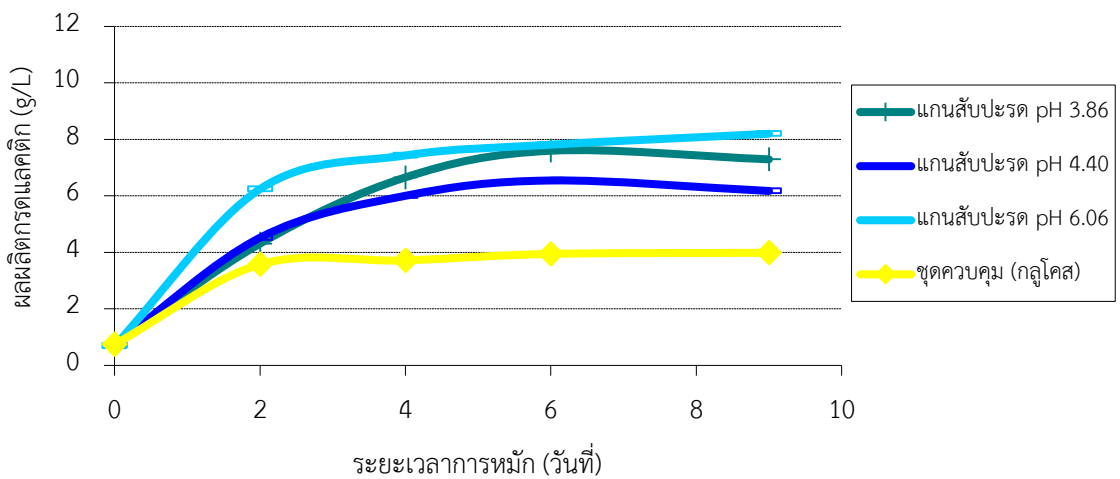
จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการหมักแกนสับปะรดแบบไร้อากาศเป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิในการหมัก 30°C พบว่า การหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของแกนสับปะรดให้มีค่าเท่ากับ 6.06 ให้ผลผลิตกรดแลคติกสูงสุด คือ 8.19555 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 11)



แผนภูมิที่ 10 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิ 30°C

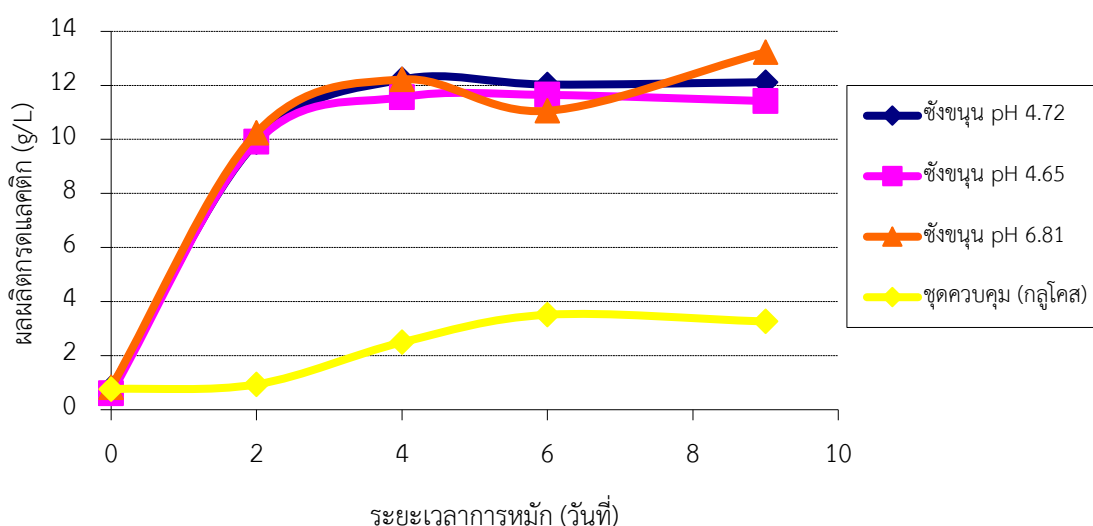


แผนภูมิที่ 11 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 30°C



สำหรับในชุดทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $35^{\circ}\text{C}$  พบว่า เมื่อทำการหมักซึ่งขนุนแบบไร้อากาศเป็นระยะเวลา 9 วัน ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.81 โดยมีปริมาณผลผลิต 13.22345 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 12)

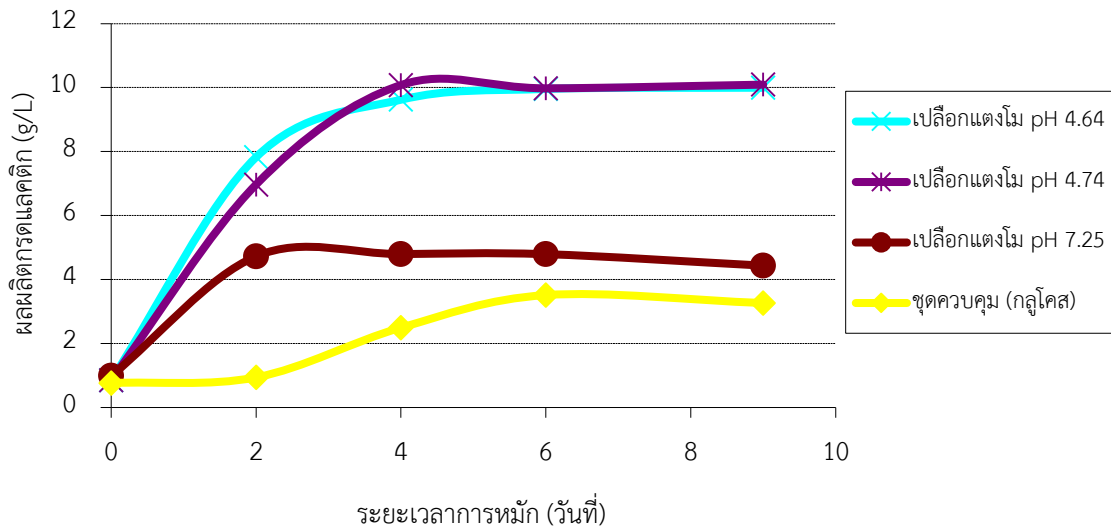
แผนภูมิที่ 12 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซึ่งขนุนที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$



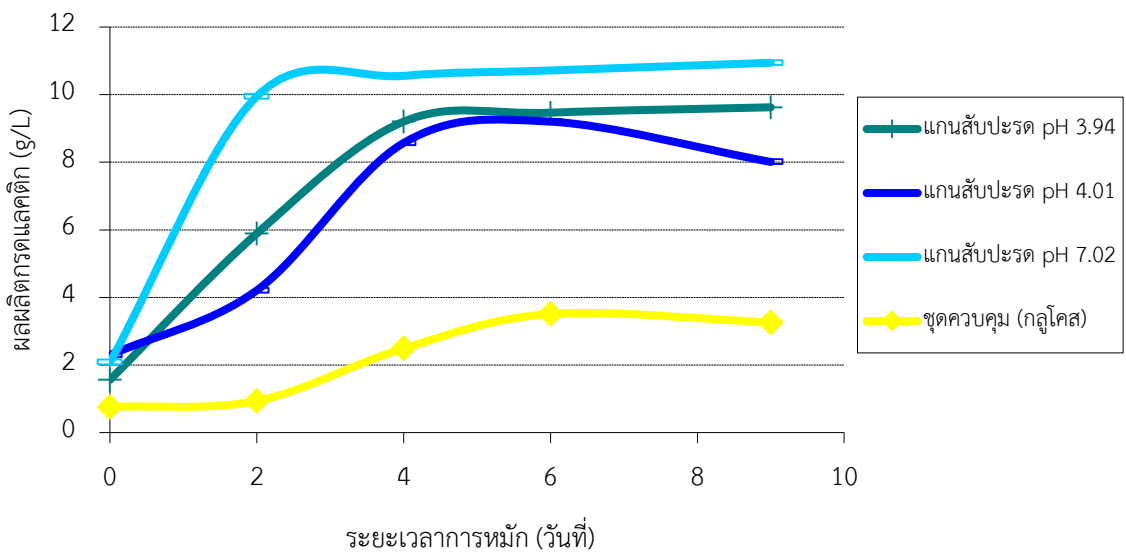
เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมแบบไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $35^{\circ}\text{C}$  พบว่า ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.64 และ 4.74 โดยมีปริมาณผลผลิต 10.0923 และ 10.0786 กรัมต่อลิตร โดยชุดทดลองที่ค่าพีเอชเริ่มต้นมีปริมาณกรดแลคติกต่ำกว่า คือ 9.9949 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 13)

เมื่อทำการหมักแกนสับปะรดแบบไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $35^{\circ}\text{C}$  พบว่า ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7.02 โดยมีปริมาณผลผลิต 10.9423 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 14)

แผนภูมิที่ 13 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิ 35°C

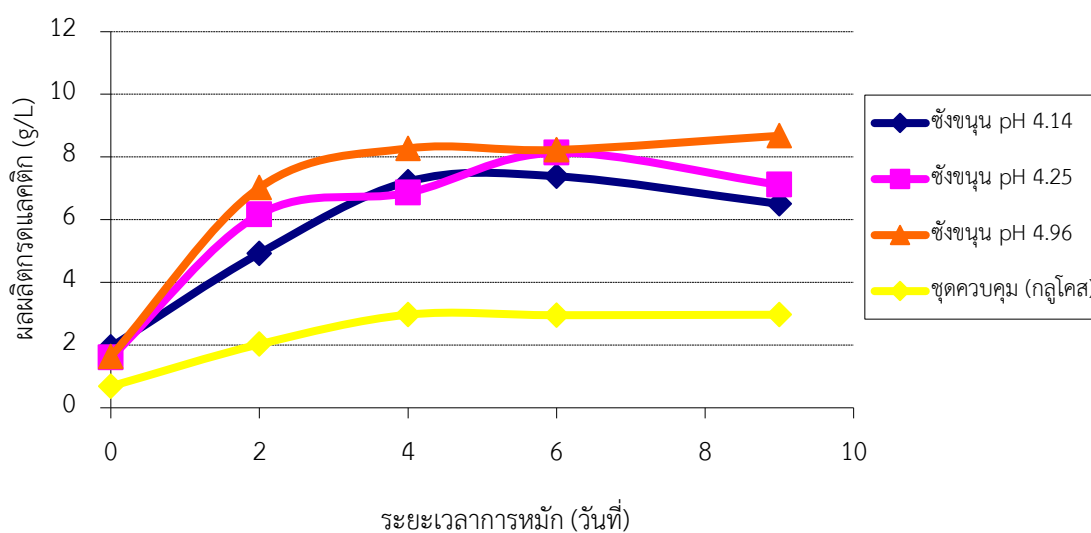


แผนภูมิที่ 14 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 35°C



สำหรับในชุดทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $40^{\circ}\text{C}$  พบว่า เมื่อทำการหมักซังขนุนแบบไร้อากาศเป็นระยะเวลา 9 วัน ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.96 โดยมีปริมาณผลผลิต 8.6757 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 15)

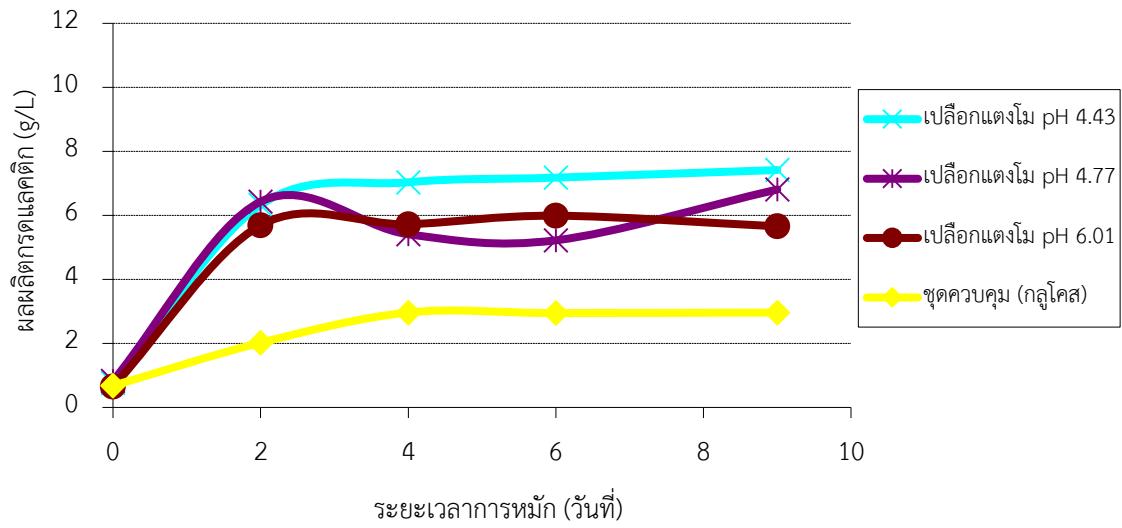
**แผนภูมิที่ 15** ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุนที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}\text{C}$



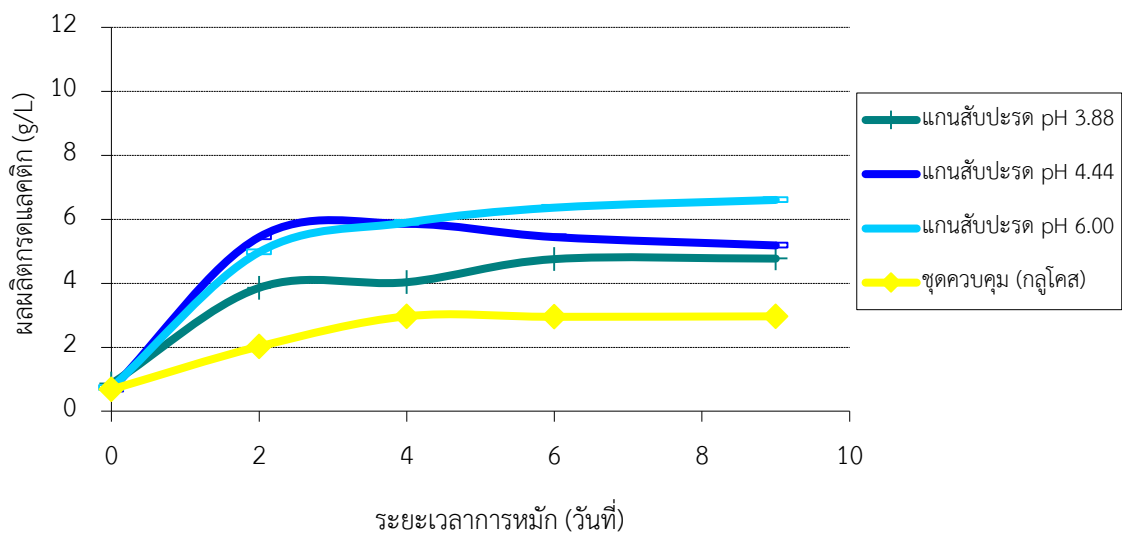
เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมแบบไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $40^{\circ}\text{C}$  พบว่า ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.43 โดยมีปริมาณผลผลิต 7.4207 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 16)

เมื่อทำการหมักแกนสับปะรดแบบไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 9 วัน โดยควบคุมอุณหภูมิการหมัก  $40^{\circ}\text{C}$  พบว่า ปริมาณผลผลิตกรดแลคติกที่ได้สูงสุดมาจากการหมักโดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.0 โดยมีปริมาณผลผลิต 6.6069 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 17)

แผนภูมิที่ 16 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิ 40°C



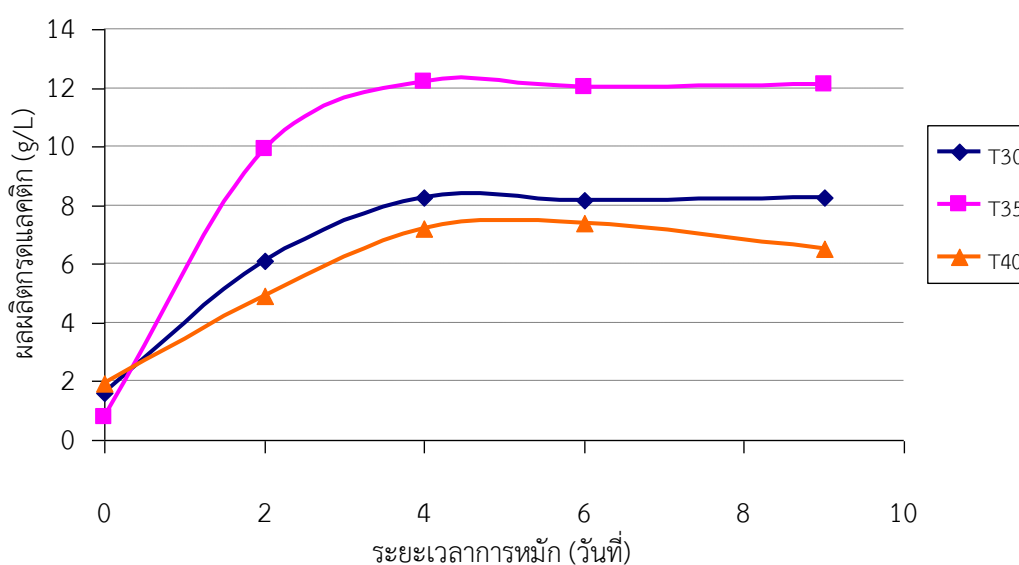
แผนภูมิที่ 17 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 40°C



#### 4.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก

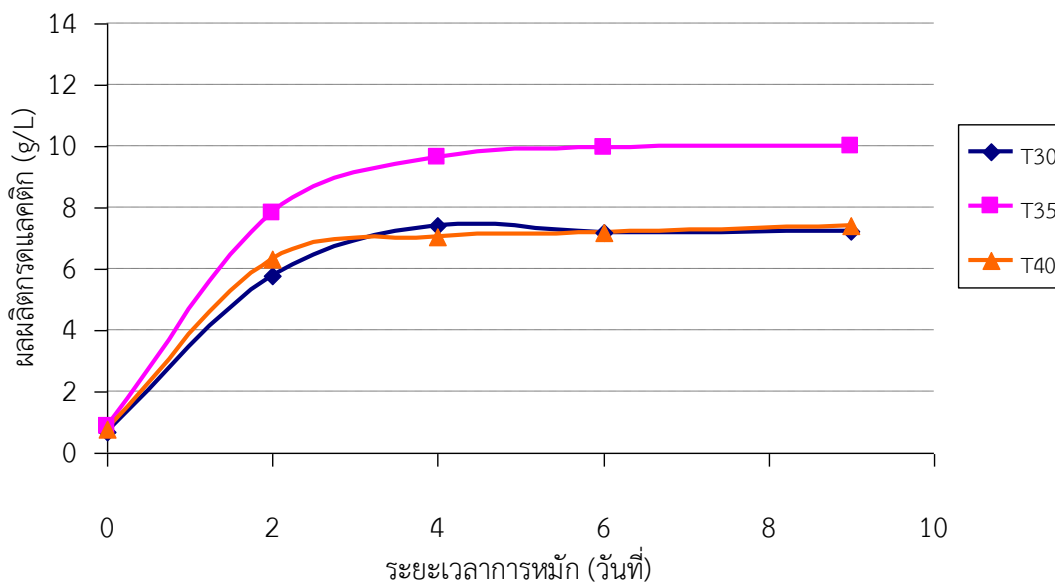
จากผลการทดลอง ทำการหมักสับสเตรตแบบไร้อากาศโดยใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* สายพันธุ์ TISTR 926 ที่อุณหภูมิการหมักแตกต่างกัน คือ 30°C 35°C และ 40°C พบว่า เมื่อทำการหมักซังขนุนที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.72 ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 12.2159 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 18)

แผนภูมิที่ 18 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุนที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.72)



จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.64 ภายใต้ อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C เช่นเดียวผลที่ได้จากการหมักซังขนุน โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 9.9949 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 19)

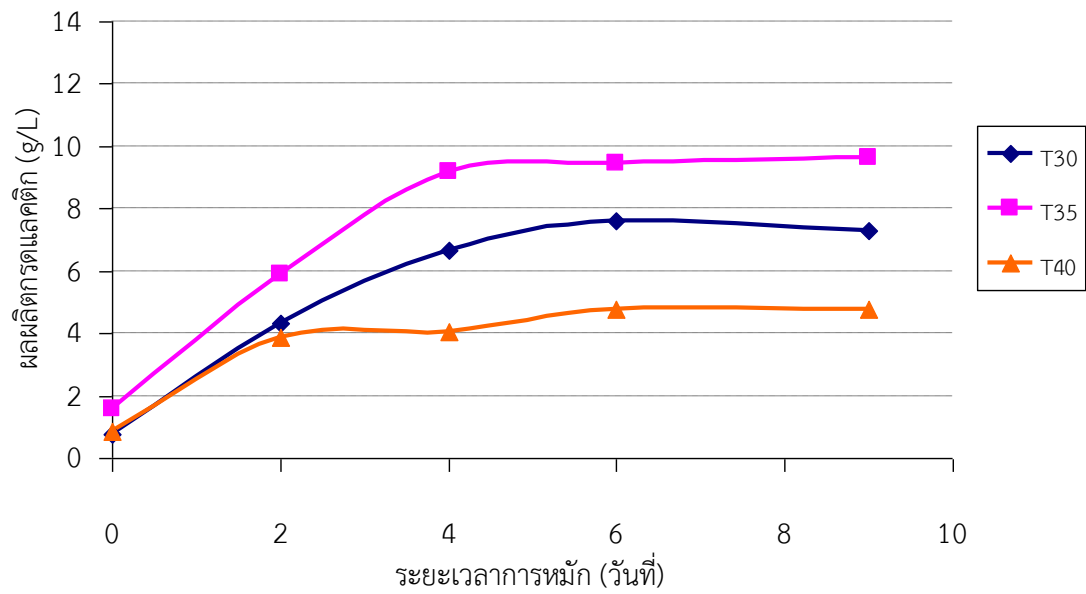
แผนภูมิที่ 19 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.64)



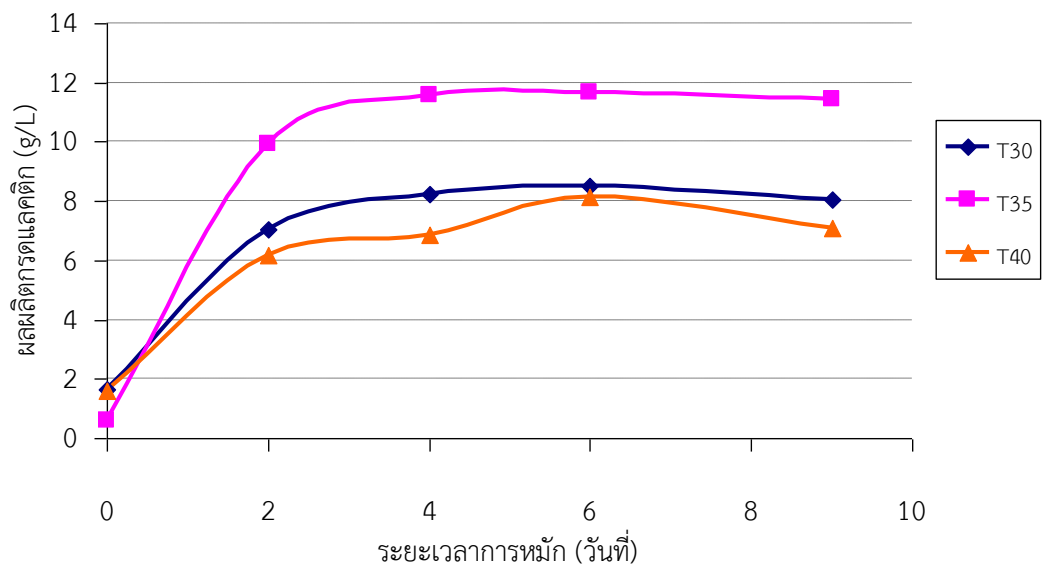
จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการหมักแกนสับประรดที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.94 ภายใต้ อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C เช่นเดียวผลที่ได้จากการหมักซังขนุนและเปลือกแตงโม โดยมีปริมาณผลผลิต เท่ากับ 9.6257 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 20)

เมื่อทำการหมักซังขนุนที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.65 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 11.6455 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 21)

แผนภูมิที่ 20 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับประรดที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 3.94)



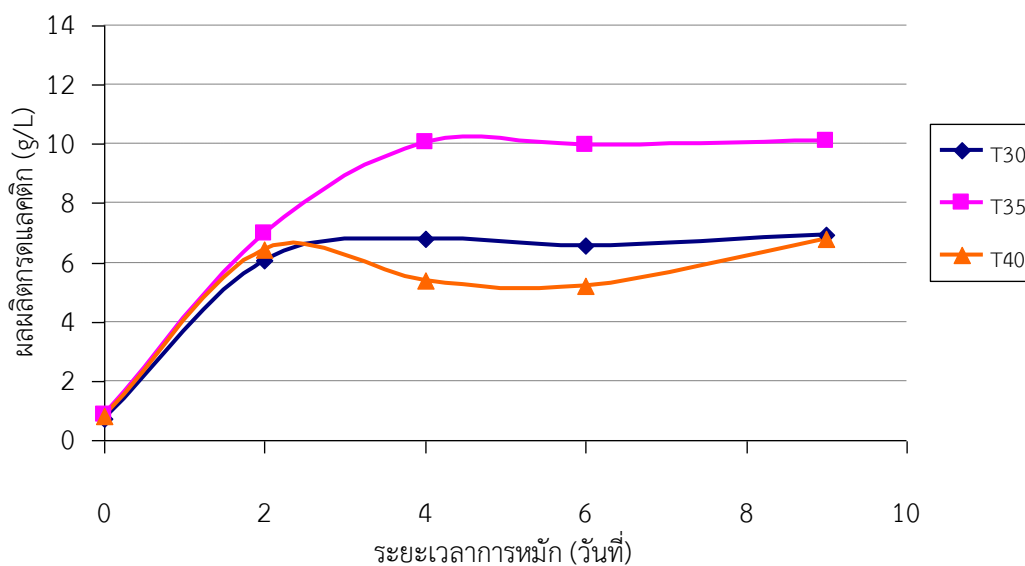
แผนภูมิที่ 21 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุนที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.65)





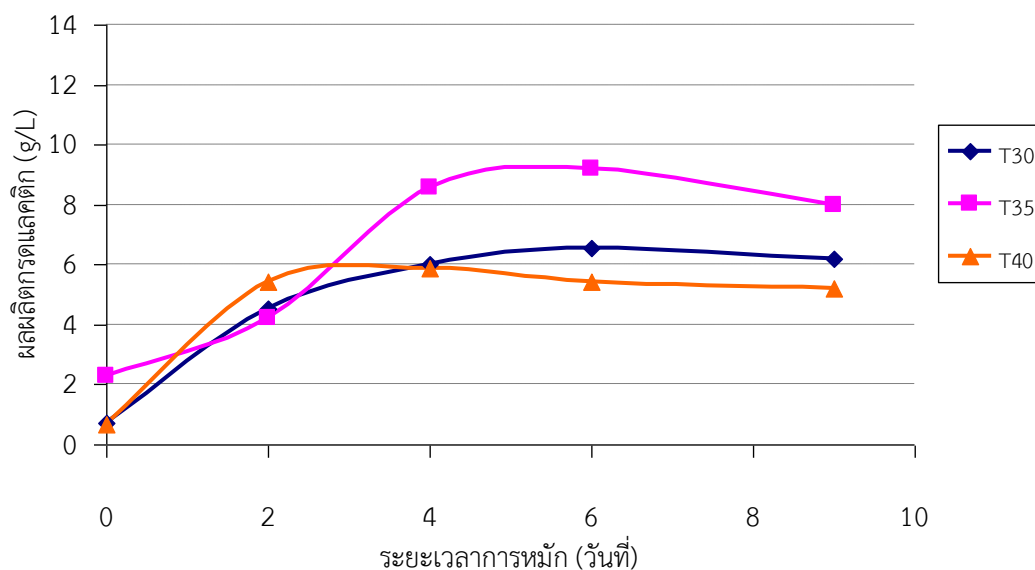
เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.74 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 10.0923 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 22)

**แผนภูมิที่ 22** ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.74)



เมื่อทำการหมักแกนสับปะรดที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.01 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C เช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 9.2011 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 23)

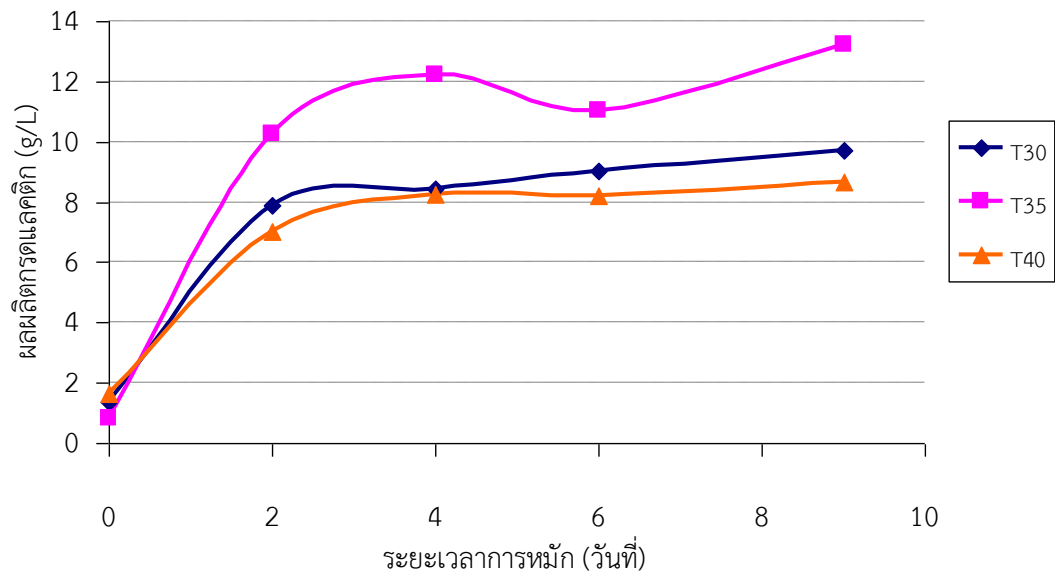
แผนภูมิที่ 23 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับประรดที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.01)



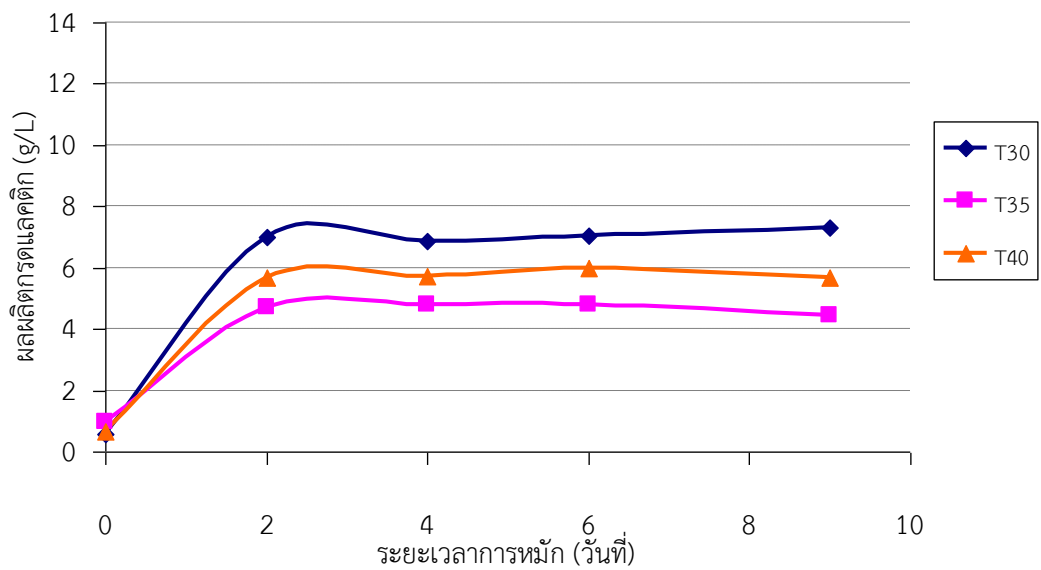
นอกจากนี้ ผลการทดลองหมักซึ่งขนุนแบบไร้อากาศที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.81 แสดงให้เห็นว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส เกิดผลผลิตกรดแลคติกสูงกว่าเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 30°C และ 40°C โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 13.2234 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 24)

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาโดยใช้เปลือกแตงโมเป็นสับสเตรตในการหมักในครั้งนี้ ได้ผลที่แตกต่างจากสับสเตรตที่เหลือ (ซึ่งขนุน และแกนสับประรด) โดยพบว่า เมื่อทำการหมักเปลือกแตงโมแบบไร้อากาศที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.45 ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูง เมื่อใช้อุณหภูมิการหมัก 30 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 7.3986 กรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 25) ในขณะที่เมื่อใช้แกนสับประรด ได้ผลผลิตกรดแลคติกสูงเมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิการหมัก 35 องศาเซลเซียส (แผนภูมิที่ 26)

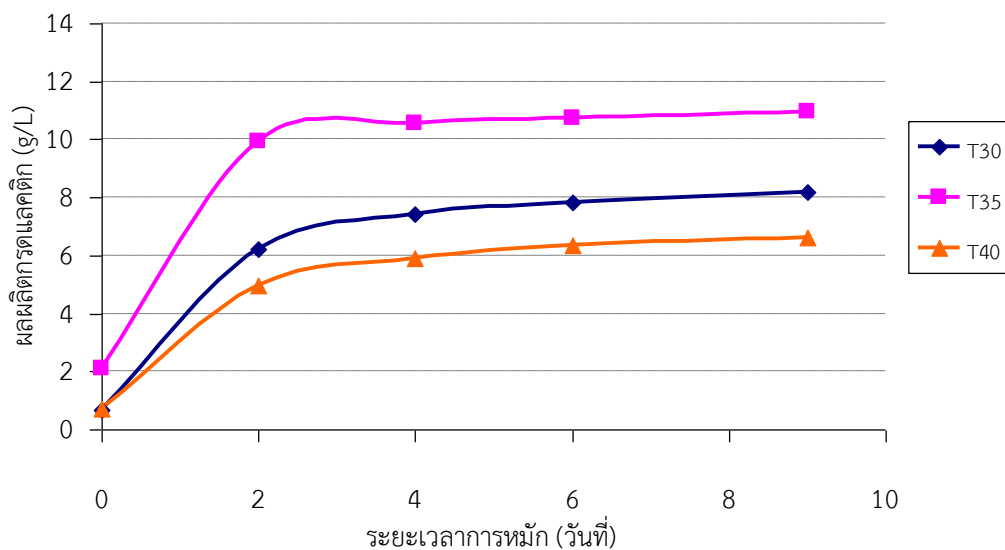
แผนภูมิที่ 24 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซึ่งขนุนที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 6.81)



แผนภูมิที่ 25 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 4.45)



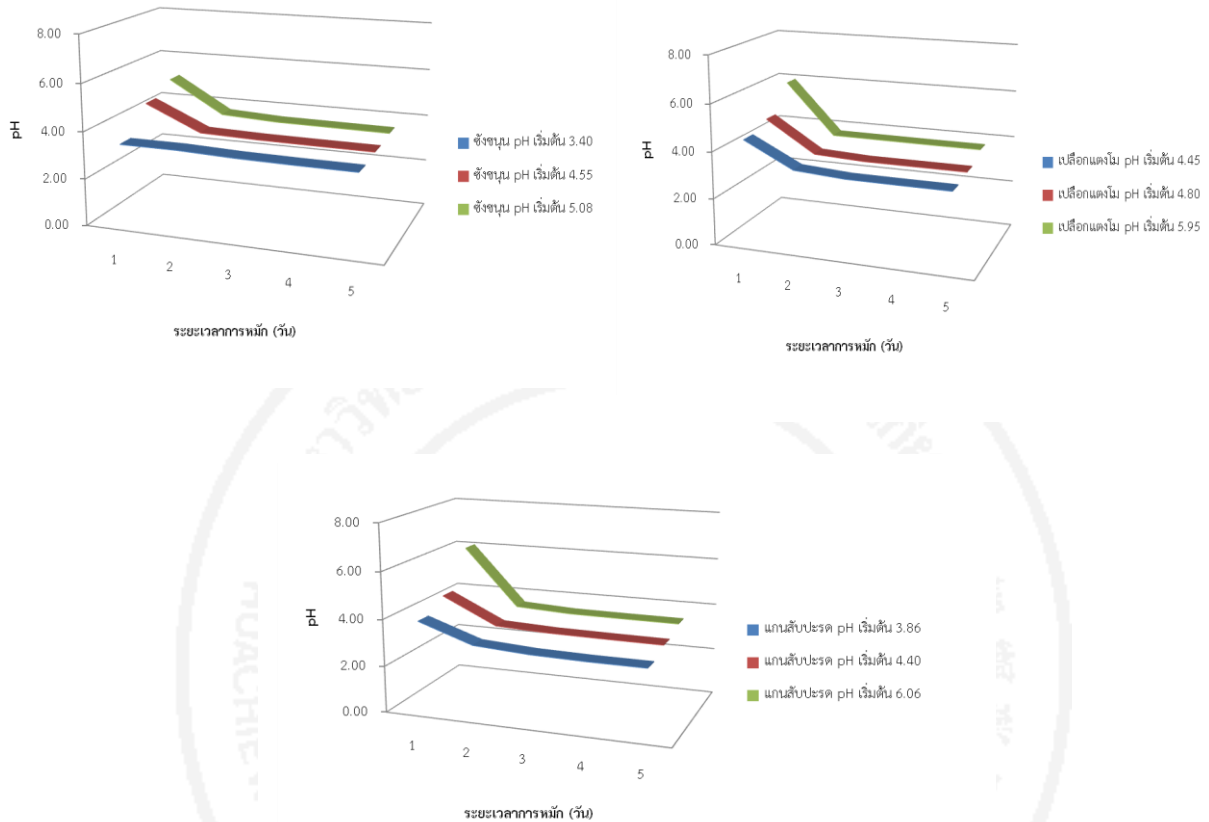
แผนภูมิที่ 26 ผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับประรดที่อุณหภูมิต่าง ๆ (pH เริ่มต้น = 7.02)



#### 4.3.3 ค่า pH ตลอดระยะเวลาการหมัก

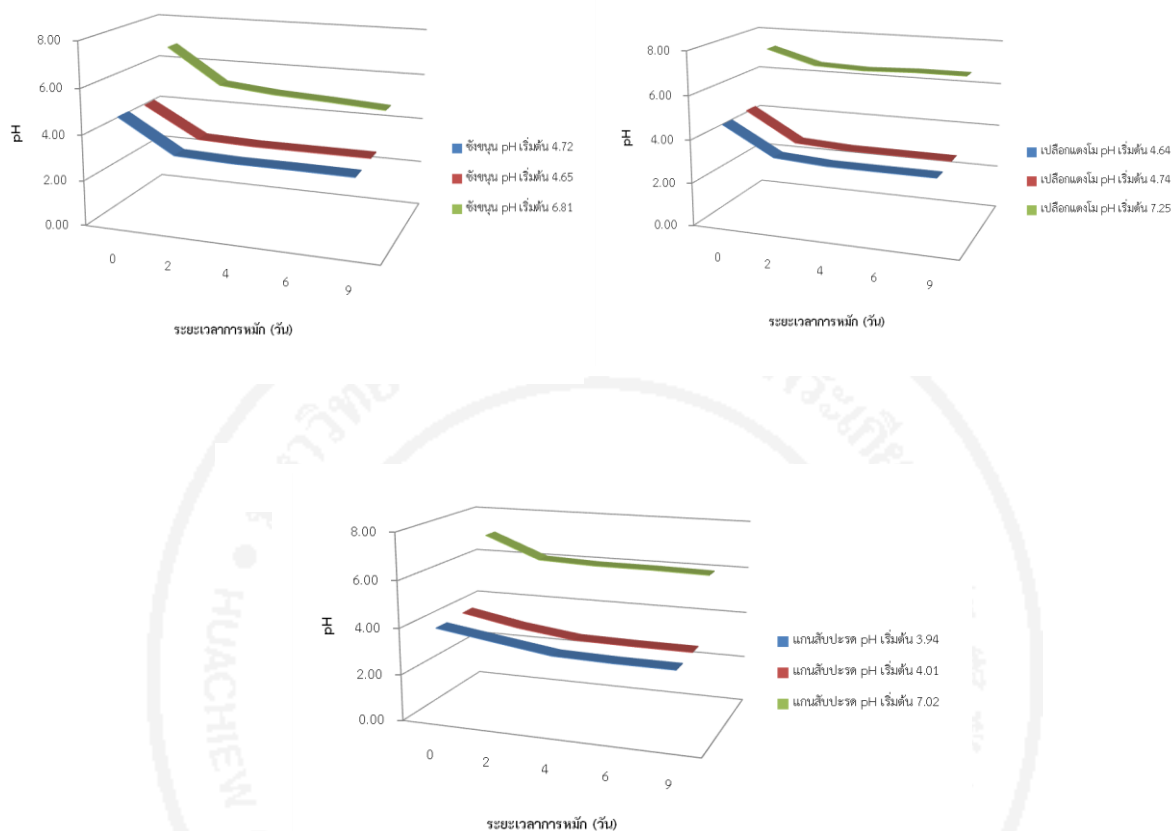
จากการทดลองหมักสับสเตรตแบบไร้อากาศภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C โดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.40-5.08, 4.45-5.95, 3.86-6.06 สำหรับซังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับประรด พบว่า ค่า pH ลดต่ำลงในช่วงแรกของการหมักในทุกสับสเตรตจนกระทั่งเกิดการหมักสมบูรณ์ (ได้ผลผลิตกรดแลคติกในปริมาณสูงสุด) โดยการหมักสมบูรณ์ในแต่ละสับสเตรตมีระยะเวลา 4, 4, และ 2 วัน และมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.32-3.56, 3.24-3.72, และ 3.06-3.57 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 27)

แผนภูมิที่ 27 ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการหมักสับสเตรตแต่ละชนิดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C



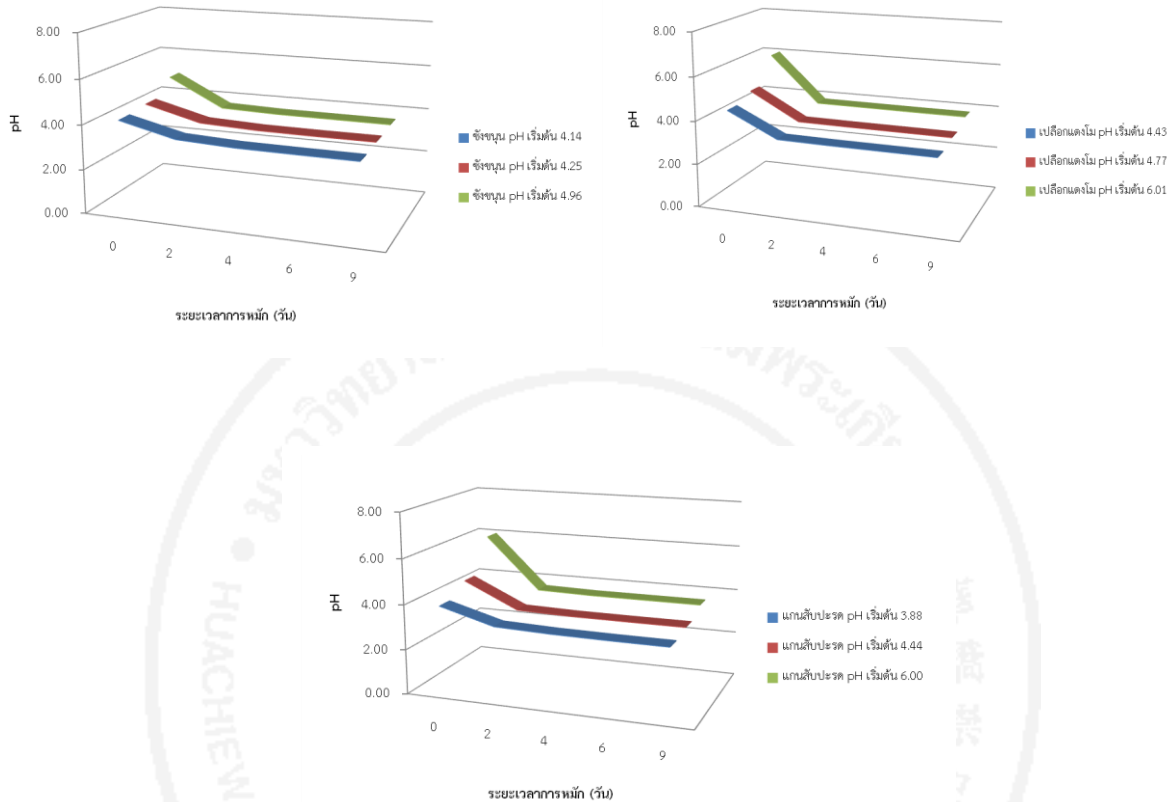
จากการทดลองหมักสับสเตรตแบบไร้อากาศภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C โดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.72-6.81, 4.64-7.25, 3.94-7.02 สำหรับชงชุน เปลือกแตงโม และ แกนสับปะรด พบว่า ค่า pH ลดต่ำลงในช่วงแรกของการหมักในทุกสับสเตรตจนกระทั่งเกิดการหมักสมบูรณ์ (ได้ผลผลิตกรดแลคติกในปริมาณสูงสุด) โดยการหมักสมบูรณ์ในแต่ละสับสเตรตมีระยะเวลา 4, 4, และ 2 วัน และมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.20-4.96, 3.20-6.50 และ 3.56-6.06 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 28)

แผนภูมิที่ 28 ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการหมักสับสเตรตแต่ละชนิดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C



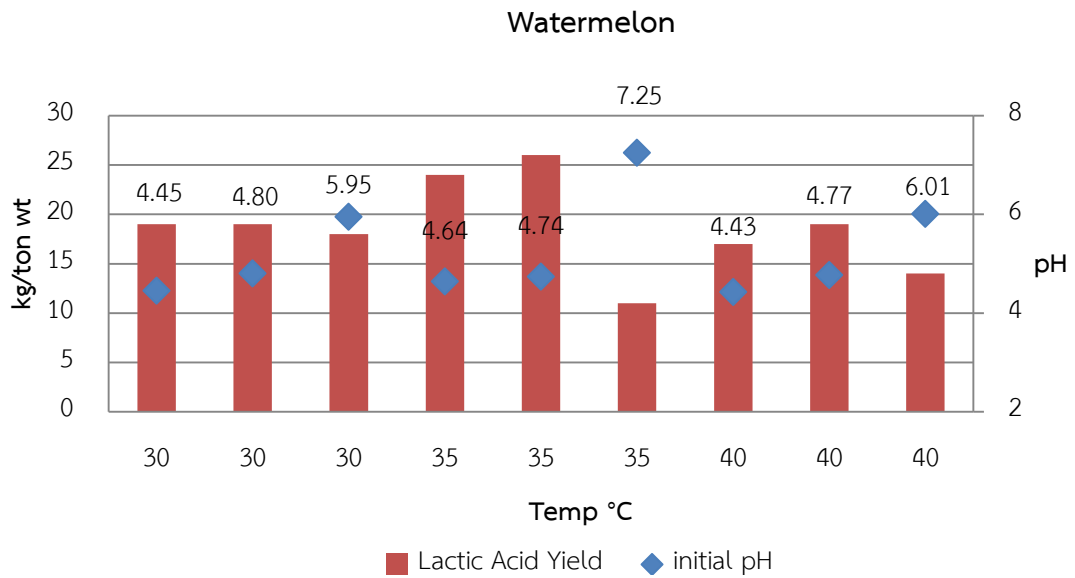
จากการทดลองหมักสับสเตรตแบบไร้อากาศภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C โดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.14-4.96, 4.43-6.01, 3.88-6.00 สำหรับชังขนุน เปลือกแตงโม และ แกนสับปะรด พบว่า ค่า pH ลดต่ำลงในช่วงแรกของการหมักในทุกสับสเตรตจนกระทั่งเกิดการหมักสมบูรณ์ (ได้ผลผลิตกรดแลคติกในปริมาณสูงสุด) โดยการหมักสมบูรณ์ในแต่ละสับสเตรตมีระยะเวลา 4, 4, และ 2 วัน และมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.42-3.60, 3.29-3.81 และ 3.20-3.64 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 29)

แผนภูมิที่ 29 ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการหมักสับสเตรตแต่ละชนิดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40 °C

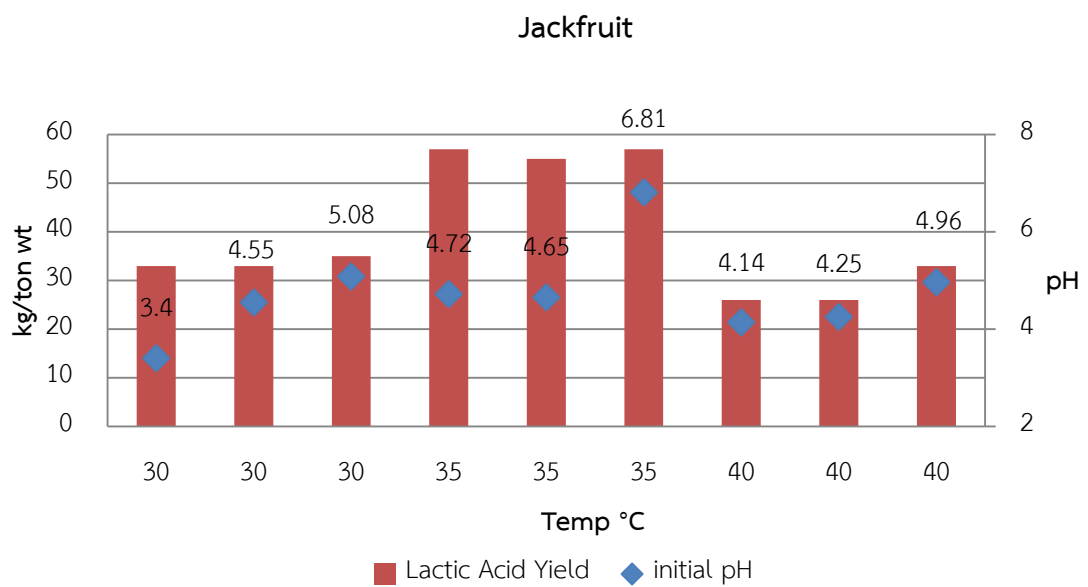


โดยผลของค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นและอุณหภูมิการหมักที่มีต่อผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักสับสเตรตทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกเต็งโม ซังขนุน และแกนสับปะรด แสดงดังแผนภูมิที่ 30-32 ตามลำดับ

**แผนภูมิที่ 30** ผลของค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นและอุณหภูมิการหมักต่อผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักเปลือกแตงโม

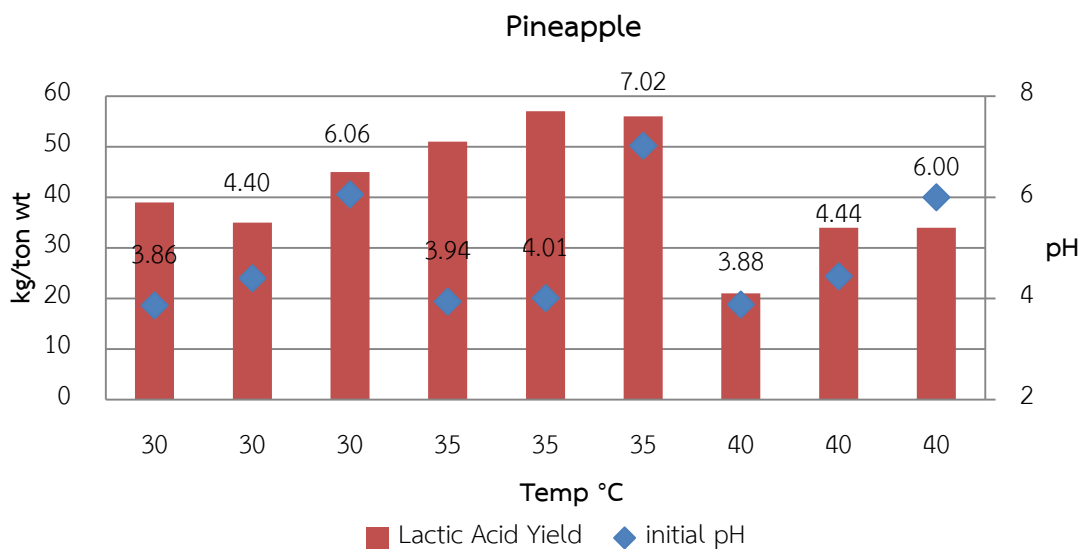


**แผนภูมิที่ 31** ผลของค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นและอุณหภูมิการหมักต่อผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักซังขนุน





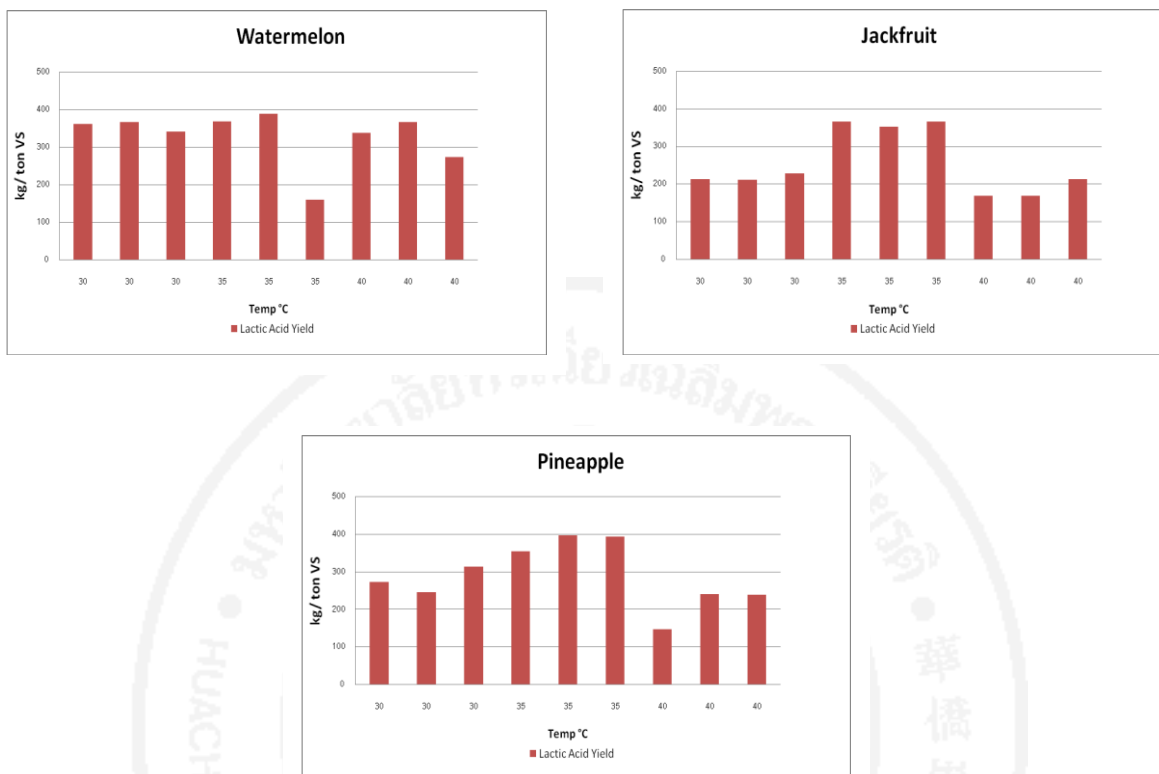
**แผนภูมิที่ 32** ผลของค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นและอุณหภูมิการหมักต่อผลผลิตกรดแลคติกจากการหมักแกนสับประรด



4.3.4 ค่าผลิตจำเพาะ (Specific Yield) ของกรดแลคติกที่ได้จากการหมักสับสเตรตชนิดต่าง ๆ

จากการคำนวณค่าผลผลิตจำเพาะ (Specific yield) ของกรดแลคติกที่ได้จากการหมักเศษผลไม้ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าผลผลิตจำเพาะสูงสุดของกรดแลคติก ที่ได้ มีค่าเท่ากับ 388, 367 และ 398 kg/ton VS สำหรับการหมักเปลือกแตงโม ชั่งขนุน และแกนสับประรด ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 33)

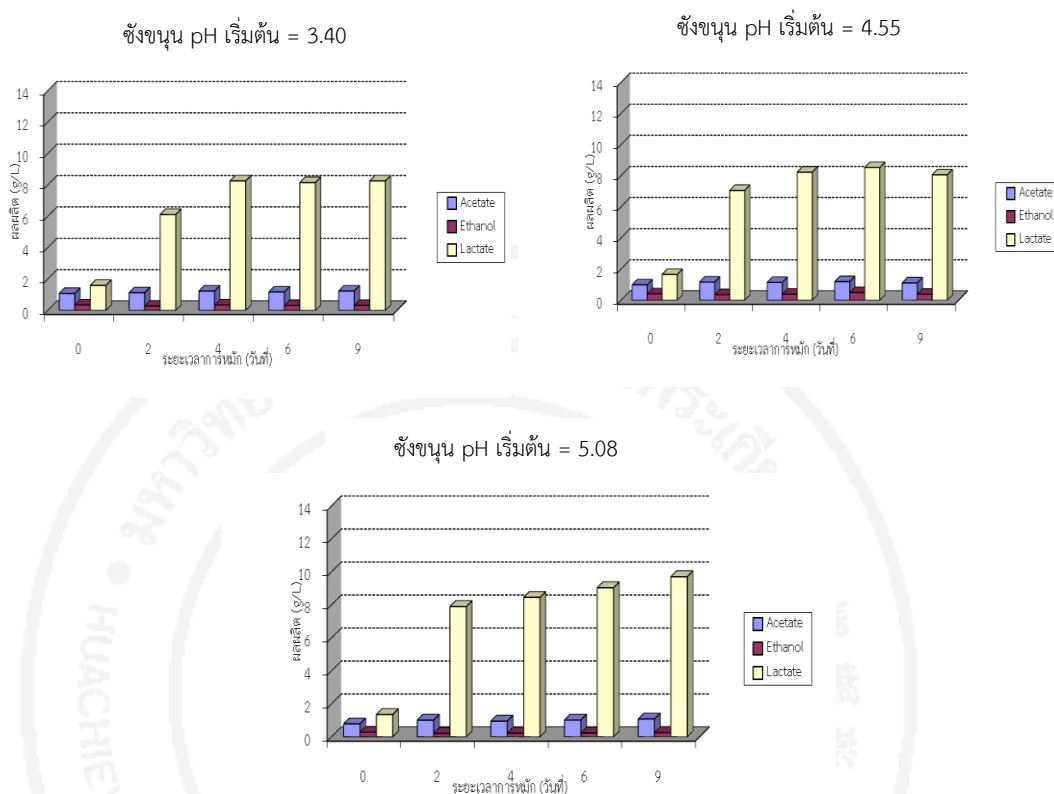
แผนภูมิที่ 33 ผลผลิตจำเพาะของกรดแลคติกจากการหมักเศษผลไม้ชนิดต่าง ๆ



#### 4.3.5 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติก

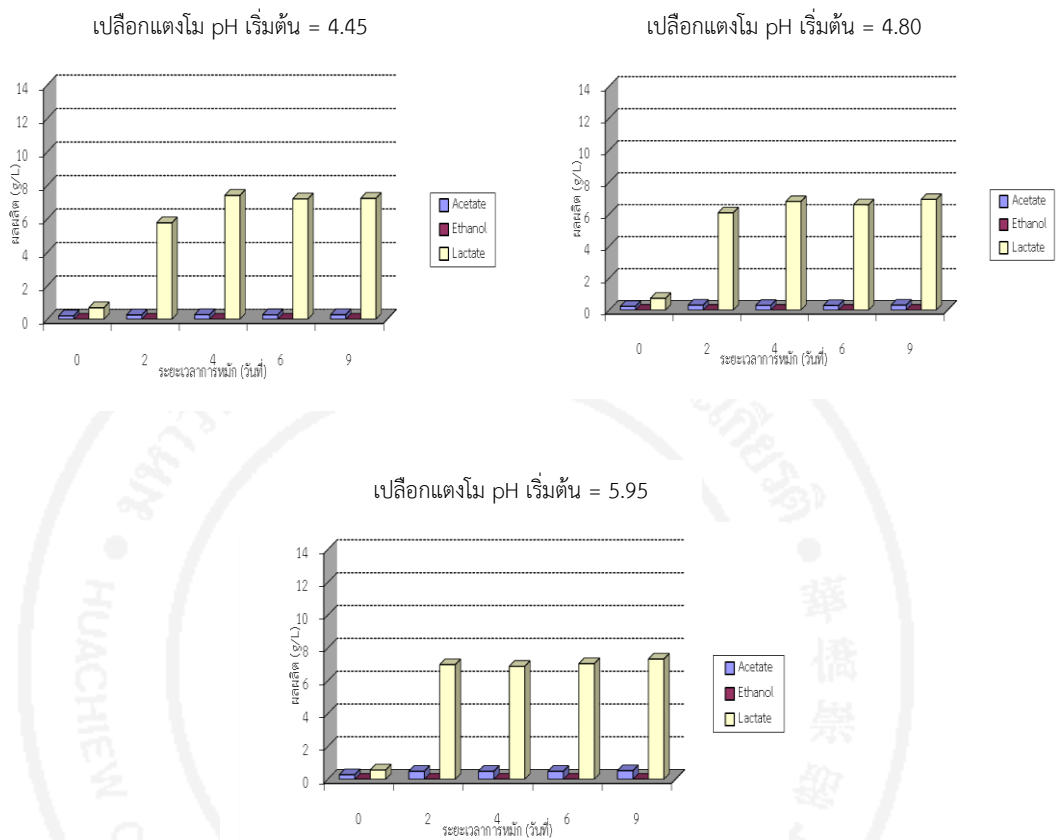
ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกโดยใช้สับสเตรต 3 ชนิด ได้แก่ ชังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด โดยการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของสับสเตรตดังกล่าวเป็น 3.40-4.45, 4.40-4.80, 5.08-6.06 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C สำหรับผลการทดลองหมักชังขนุน ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate, Acetate และ Ethanol ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 9.7099, 1.2374 และ 0.5021 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 34 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากซังขนุนภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C



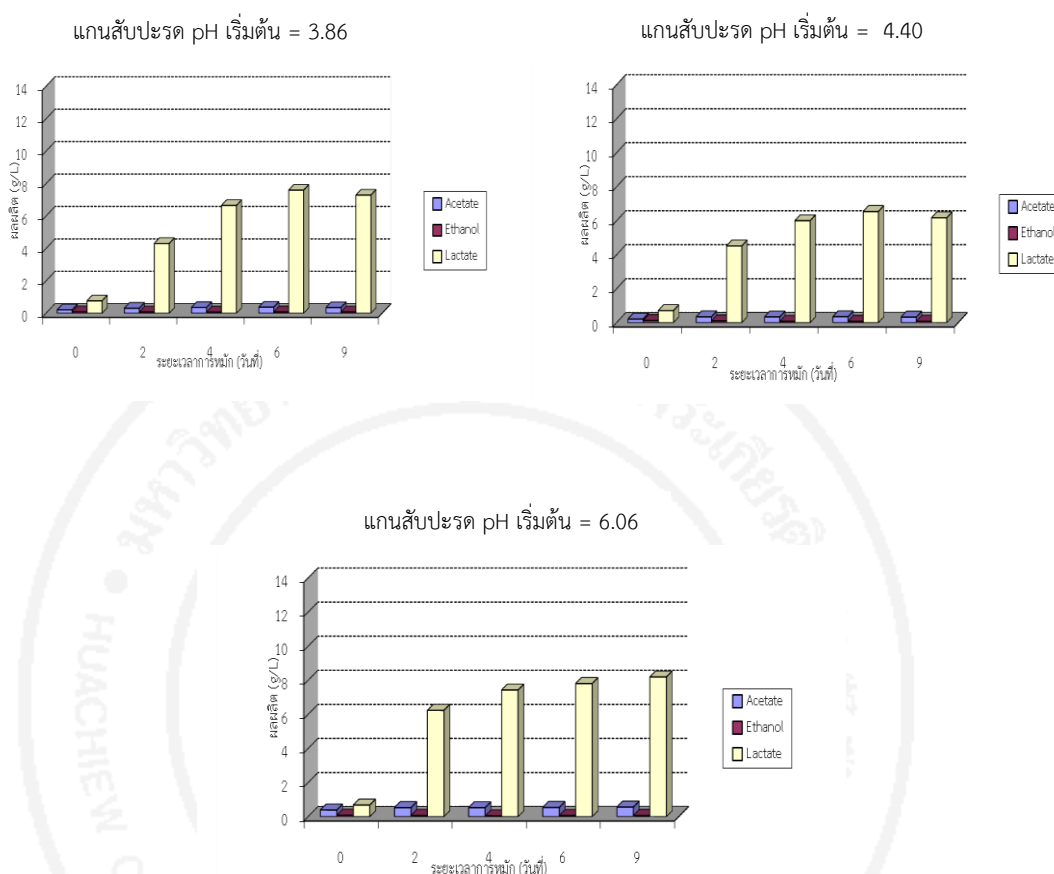
จากผลการทดลองหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C พบว่าสำหรับผลการทดลองหมักเปลือกแตงโมผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate และ Acetate โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 7.3986 และ 0.52316 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในการหมักเปลือกแตงโมไม่สามารถให้ผลผลิต Ethanol

แผนภูมิที่ 35 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C



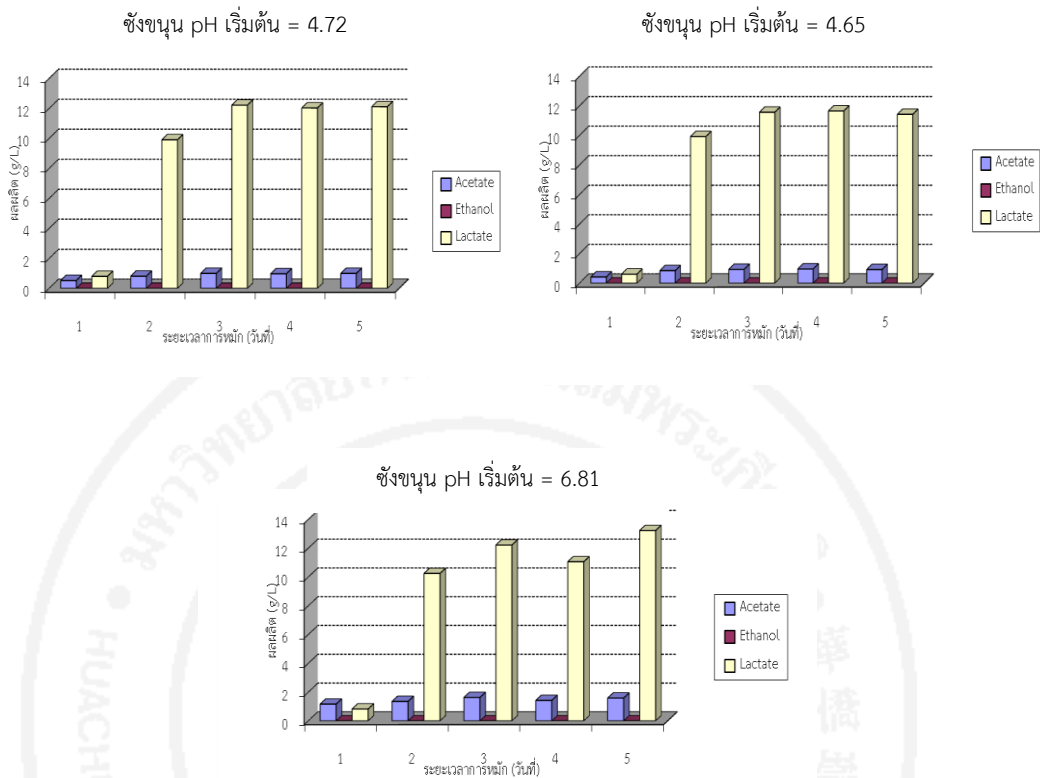
จากผลการทดลองหมักแกนสับประดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C พบว่าสำหรับผลการทดลองหมักแกนสับประดผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate, Acetate และ Ethanol ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 8.1955, 0.5681 และ 0.0910 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

**แผนภูมิที่ 36** ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากแกนสับปะรดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 30°C



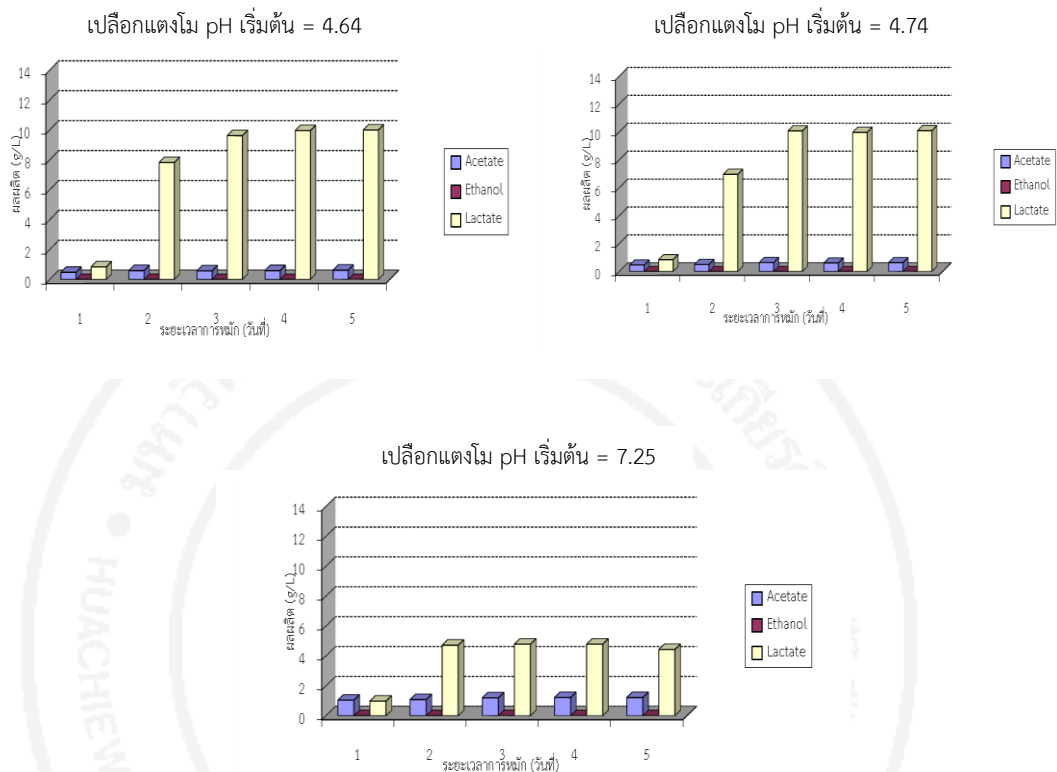
สำหรับผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติก ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C ได้แก่ ซังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด โดยการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของสับสเตรตดังกล่าวเป็น 4.72-6.81, 4.64-7.25, 3.94-7.02 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C สำหรับผลการทดลองหมัก ซังขนุน ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate, Acetate ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิต เท่ากับ 13.2234 และ 1.6259 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในการหมักเปลือกแตงโมไม่สามารถ ให้ผลผลิต Ethanol

แผนภูมิที่ 37 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากซังขนุนภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C



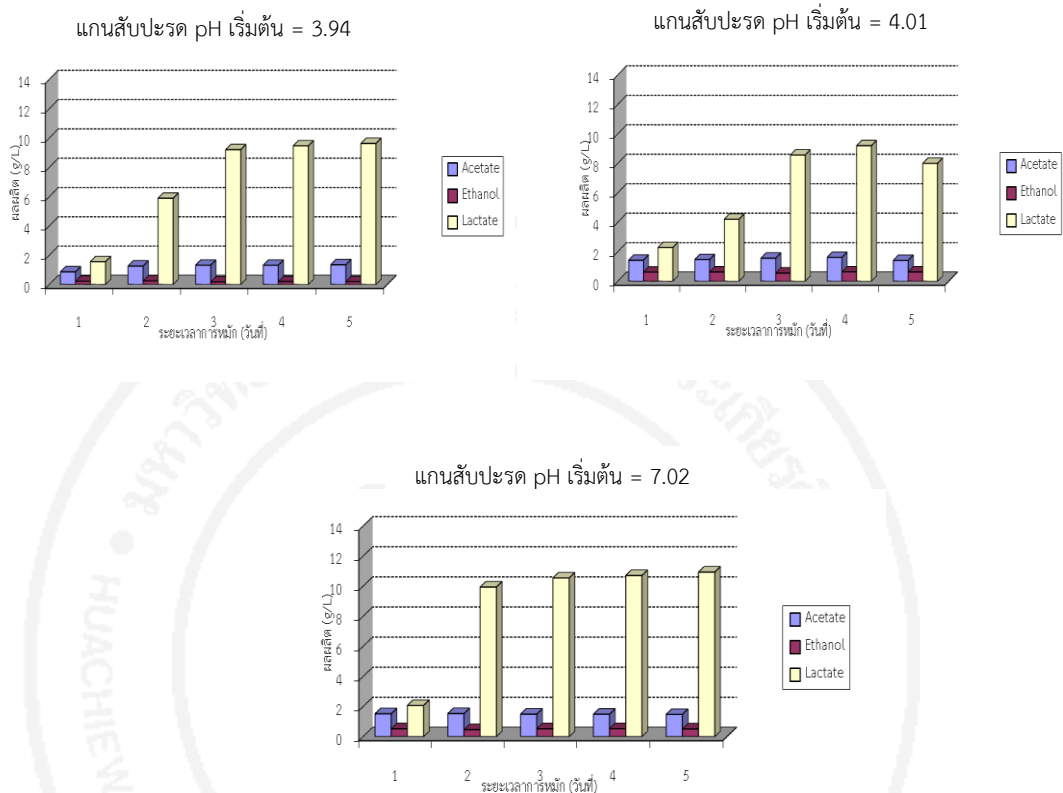
จากผลการทดลองหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C พบว่า สำหรับผลการทดลองหมักเปลือกแตงโม ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate, Acetate ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 10.0923 และ 1.2225 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในการหมักเปลือกแตงโมไม่สามารถให้ผลผลิต Ethanol

แผนภูมิที่ 38 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C



จากผลการทดลองหมักแกนสับประรดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C พบว่าสำหรับผลการทดลองหมักแกนสับประรด ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก คือ Lactate, Acetate และ Ethanol ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 10.9423, 1.6293 และ 0.6444 กรัมต่อลิตรตามลำดับ

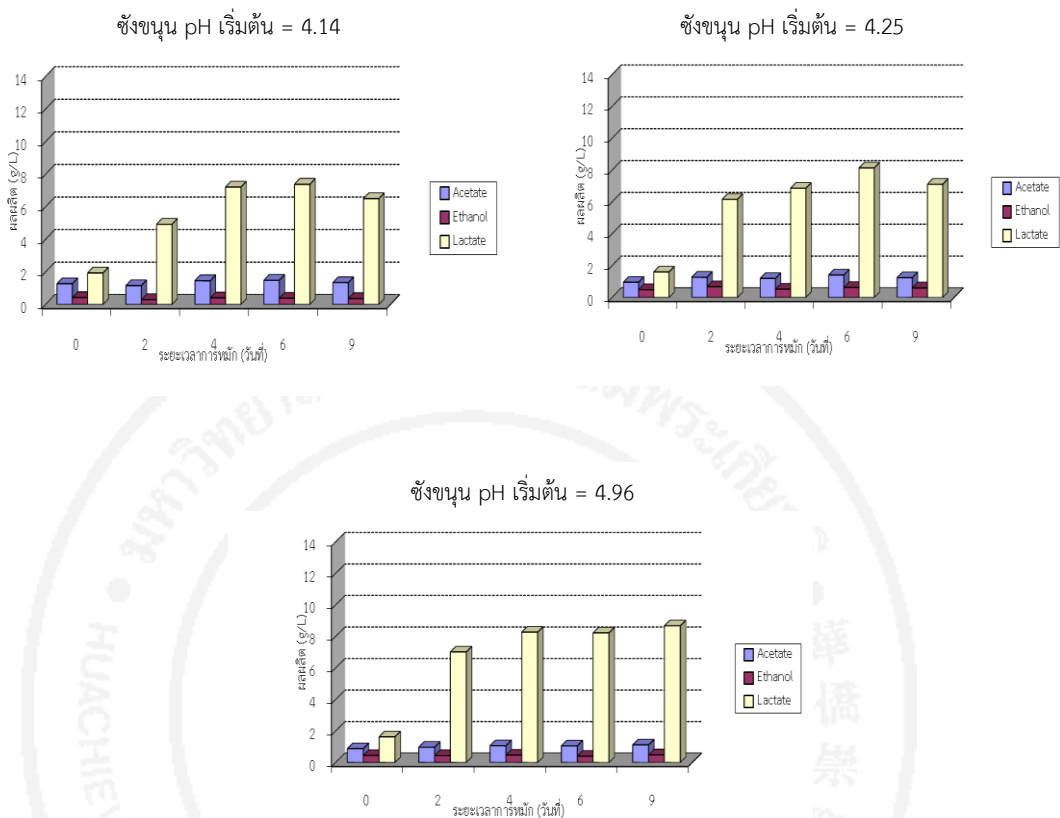
แผนภูมิที่ 39 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากแกนสับปะรดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 35°C



ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติก ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C ได้แก่ซังขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด โดยการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของสับสเตรตดังกล่าวเป็น 4.14-4.96, 4.43-6.01, 3.88-6.00 พบว่า ภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C Lactate, Acetate และ Ethanol ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 8.6757, 1.4853 0.5681 และ 0.6800 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

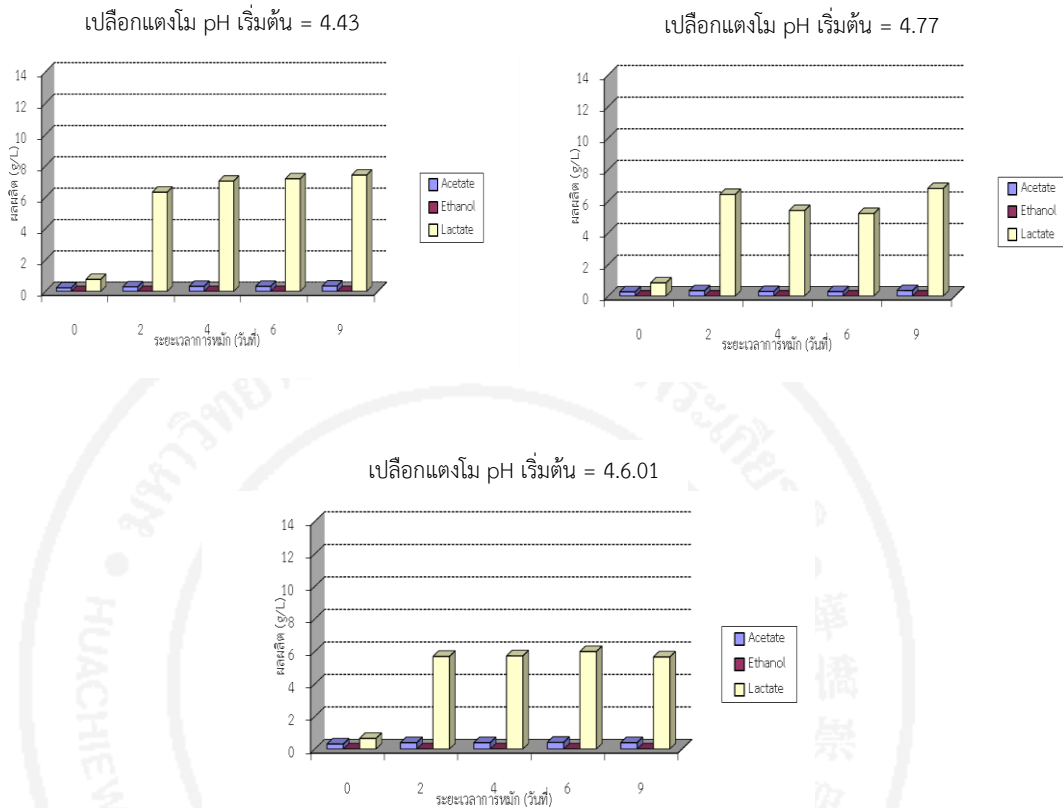


แผนภูมิที่ 40 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากซังขนุนภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C



จากผลการทดลองหมักเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C พบว่า สำหรับผลการทดลองหมักเปลือกแตงโม ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก Lactate, Acetate ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 7.4207 และ 0.4113 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในการหมักเปลือกแตงโมไม่สามารถให้ผลผลิต Ethanol

**แผนภูมิที่ 41** ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากเปลือกแตงโมภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C



จากผลการทดลองหมักแกนสับปะรดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C พบว่า สำหรับผลการทดลองหมักแกนสับปะรด ผลผลิตหลักที่ได้สูงสุดจากการหมัก Lactate, Acetate และ Ethanol ตามลำดับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 6.6069, 0.6045 และ 0.2357 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 42 ผลผลิตพลอยได้จากการหมักกรดแลคติกจากแกนสับประรดภายใต้อุณหภูมิการหมัก 40°C

