บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลัง

(1) การทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนและการเปลี่ยนสภาพของชิ้นมัน

ได้ทำการศึกษาการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน โดยการใช้ความร้อนตามวิธี 3.1.1 เพื่อใช้สำหรับกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อต่อไป ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6-1.1 ถึง 6-1.4

ตารางที่ 6-1.1 แสดงผลการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการเปลี่ยนสภาพของชิ้นมันสำปะหลังขนาด 3-5 มม. โดยต้มชิ้นมันในน้ำที่อุณหภูมิ 80°ซ แล้วตั้งทิ้งไว้ในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°ซ เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีการให้อากาศ 0.79×10^{-4} ม^3/วินาที/กก มันแห้ง

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	อุณหภูมิ 80°ซ			
	เชื้อปนเปื้อน		ชิ้นมัน	
	มี	ไม่มี	สุก (#)	ดิบ
10		*		*
15		*		*
20		*		*
25		*		*
30		*		*
35		*		*

ตารางที่ 6-1.1 (ต่อ)

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	อุณหภูมิ 80°ซ			
	เชื้อปนเปื้อน		ชิ้นมัน	
	มี	ไม่มี	สุก (#)	ดิบ
40		*		*
45		*		*
50		*	*	
55		*	*	
60		*	*	

หมายเหตุ (#) มันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

จากการทดลองพบว่าชิ้นมันที่ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 50 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ติดมากับชิ้นมันได้ และชิ้นมันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

ตารางที่ 6-1.2 แสดงผลการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการเปลี่ยนสภาพของชิ้นมันสำปะหลังขนาด 3-5 มม. โดยต้มชิ้นมันในน้ำที่อุณหภูมิ 85°ซ แล้วตั้งทิ้งไว้ในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°ซ เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีการให้อากาศ 0.79×10^{-3} ม^3/วินาที/กก มันแห้ง

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	อุณหภูมิ 85°ซ			
	เชื้อปนเปื้อน		ชิ้นมัน	
	มี	ไม่มี	สุก (#)	ดิบ
10		*		*
15		*		*
20		*		*
25		*		*
30		*		*
35		*		*
40		*		*
45		*	*	
50		*	*	
55		*	*	
60		*	*	

หมายเหตุ (#) มันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

จากการทดลองพบว่าชิ้นมันที่ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 85 °ซ เป็นเวลา 45 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ติดมากับชิ้นมันได้ และชิ้นมันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

ตารางที่ 6-1.3 แสดงผลการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการเปลี่ยนสภาพของชิ้นมันสำปะหลังขนาด 3-5 มม โดยต้มชิ้นมันในน้ำที่อุณหภูมิ 90°ซ แล้วตั้งทิ้งไว้ในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°ซ เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีการให้อากาศ 0.79×10^{-3} ม^3/วินาที/กก มันแห้ง

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	อุณหภูมิ 90°ซ			
	เชื้อปนเปื้อน		ชิ้นมัน	
	มี	ไม่มี	สุก (#)	ดิบ
10		*		*
15		*		*
20		*		*
25		*		*
30		*		*
35		*		*
40		*	*	
45		*	*	
50		*	*	
55		*	*	
60		*	*	

หมายเหตุ (#) มันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

จากการทดลองพบว่าชิ้นมันที่ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 40 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ติดมากับชิ้นมันได้ และชิ้นมันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

ตารางที่ 6-1.4 แสดงผลการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนและการเปลี่ยนสภาพของชิ้นมันสำปะหลังขนาด 3-5 มม โดยต้มชิ้นมันในน้ำที่อุณหภูมิ 100°ซ แล้วตั้งทิ้งไว้ในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°ซ เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีการให้อากาศ 0.79×10^{-3} $ม^3$/วินาที/กก มันแห้ง

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	อุณหภูมิ 100°ซ			
	เชื้อปนเปื้อน		ชิ้นมัน	
	มี	ไม่มี	สุก (#)	ดิบ
10		*		*
15		*		*
20		*		*
25		*		*
30		*	*	
35		*	*	
40		*	*	
45		*	*	
50		*	*	
55		*	*	
60		*	*	

หมายเหตุ (#) มันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

จากการทดลองพบว่าชิ้นมันที่ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ติดมากับชิ้นมันได้ และชิ้นมันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

(2) <u>การศึกษาปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่ใช้ต้มชิ้นมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่าง ๆ</u>

ในขณะที่ฆ่าเชื้อชิ้นมันจะได้รับความชื้นจากน้ำร้อน จึงจำเป็นจะต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของชิ้นมันที่สุกทั้งชิ้นกับเวลา เพื่อที่จะออกแบบการอบแห้งต่อไป ผลการศึกษาแสดงอยู่ในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ชิ้นมันสำปะหลังขนาด 3-5 มม อยู่ในน้ำร้อน [ที่ถูกควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 80, 85, 90, 100 °ซ กับปริมาณเปอร์เซนต์ความชื้นของชิ้นมัน (#)]

เวลาที่ใช้ต้ม (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)			
	อุณหภูมิ (°ซ)		อุณหภูมิ (°ซ)	
	80	85	90	100
30	—	—	—	80
35	—	—	—	80
40	—	—	80	80
45	—	80	80	80
50	80	80	80	80
55	80	80	80	80
60	80	80	80	80

<u>หมายเหตุ</u> 1. (#) มันสำปะหลังสุกทั้งชิ้น

2. มันสำปะหลังดิบมีความชื้นเริ่มต้น 13-15 %

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 80 °ซ ต้องใช้เวลาต้มชิ้นมันอย่างน้อย 50 นาที ชิ้นมันจึงจะสุกทั้งชิ้น และมีปริมาณความชื้นทั้งชิ้น 80 %

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 85 °ซ ต้องใช้เวลาต้มชิ้นมันอย่างน้อย 45 นาที ชิ้นมันจึงจะสุกทั้งชิ้น และมีปริมาณความชื้นทั้งชิ้น 80 %

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 90 °ซ ต้องใช้เวลาต้มชิ้นมันอย่างน้อย 40 นาที ชิ้นมันจึงจะสุกทั้งชิ้น และมีปริมาณความชื้นทั้งชิ้น 80 %

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 100 °ซ ต้องใช้เวลาต้มชิ้นมันอย่างน้อย 30 นาที ชิ้นมันจึงจะสุกทั้งชิ้น และมีปริมาณความชื้นทั้งชิ้น 80 %

(3) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่ใช้อบแห้งใน<u>เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ</u>

(4) ศึกษาเหมือนข้อ (3) แต่ให้ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน

เพื่อที่จะกำหนดระยะเวลาเป่าลมร้อนและอุณหภูมิของอากาศ เพื่อควบคุมระดับความชื้นของชิ้นหมักให้เหมาะสม จึงศึกษาลักษณะการอบแห้งของมันสำปะหลังดังแสดงผลในตารางที่ 6-3.1 ถึง 6-3.8 และรูปที่ 6.1 ถึง 6.8 (แสดงในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 6-3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลขนานกับชิ้นมัน น้ำหนักมันเริ่มต้น = 51.28 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	65	71.73
5	79.64	70	70.93
10	79.23	75	69.99
15	78.67	80	68.90
20	78.12	85	67.83
25	77.50	90	66.79
30	76.84	95	65.56
35	76.30	100	64.24
40	75.63	105	63.08
45	74.85	110	61.85
50	74.22	115	60.37
55	73.49	120	58.94
60	72.56	125	57.23

ตารางที่ 6-3.1 (ต่อ)

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
130	55.56	160	44.80
135	53.97	165	42.64
140	52.25	170	40.65
145	50.41	175	38.88
150	48.67		
155	46.80		

ตารางที่ 6-3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลขนานกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.30 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	61.43
5	79.56	100	59.78
10	78.97	105	58.26
15	78.36	110	56.28
20	77.57	115	54.67
25	76.86	120	52.74
30	76.11	125	50.63
35	75.48	130	48.56
40	74.57	135	46.57
45	73.73	140	44.70
50	72.76	145	42.40
55	71.64	150	40.22
60	70.51		
65	69.45		
70	68.13		
75	66.99		
80	65.65		
85	64.32		
90	62.89		

ตารางที่ 6-3.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90°ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลขนานกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 59.00 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	57.34
5	79.10	100	55.05
10	78.87	105	52.52
15	78.03	110	50.00
20	77.57	115	47.50
25	76.67	120	45.01
30	75.76	125	42.35
35	74.87	130	38.78
40	73.97	135	36.21
45	73.10	140	33.15
50	72.16	145	31.23
55	71.40	150	30.00
60	70.28		
65	69.35		
70	67.78		
75	66.23		
80	64.10		
85	62.10		
90	59.87		

ตารางที่ 6-3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลขนานกับชิ้นมันสำปะหลัง น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.66 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	52.22
5	79.40	100	50.00
10	78.50	105	47.26
15	77.67	110	44.56
20	76.54	115	42.12
25	75.45	120	39.24
30	74.58	125	36.80
35	73.46	130	35.08
40	72.43		
45	71.68		
50	70.23		
55	69.12		
60	67.67		
65	66.35		
70	64.21		
75	62.13		
80	60.03		
85	57.55		
90	55.02		

ตารางที่ 6-3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.00 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	51.75
5	78.26	100	50.23
10	77.08	105	48.60
15	76.03	110	47.12
20	74.83	115	45.54
25	73.49	120	44.16
30	72.22	125	43.30
35	70.90	130	42.31
40	69.61	135	41.80
45	68.21	140	41.18
50	66.87	145	40.54
55	65.30	150	40.22
60	63.82		
65	62.20		
70	60.43		
75	58.96		
80	57.20		
85	55.28		
90	53.78		

ตารางที่ 6-3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.34 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	49.78
5	79.37	100	47.64
10	78.19	105	45.32
15	76.96	110	43.07
20	75.70	115	41.25
25	74.28	120	39.32
30	72.90	125	37.61
35	71.58	130	35.80
40	70.20	135	34.66
45	68.68		
50	67.00		
55	65.35		
60	63.76		
65	62.02		
70	60.10		
75	58.30		
80	56.15		
85	54.15		
90	51.96		

ตารางที่ 6-3.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 °ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.00 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	95	45.81
5	78.68	100	43.59
10	77.13	105	41.49
15	75.93	110	39.56
20	73.49	115	37.50
25	72.08	120	35.67
30	70.74	125	34.13
35	69.27	130	32.93
40	67.55	135	32.10
45	66.05	140	31.25
50	64.29	145	30.82
55	62.46	150	30.82
60	60.29		
65	58.49		
70	56.18		
75	53.78		
80	51.97		
85	50.00		
90	47.87		

ตารางที่ 6-3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง(%) ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°ซ กับเวลาที่ใช้อบแห้ง โดยที่ความเร็วลมร้อนคงที่ในแต่ละอุณหภูมิและไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน น้ำหนักชิ้นมันเริ่มต้น = 55.47 กรัม

เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)	เวลาที่อบแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นของชิ้นมัน (%)
0	80.00	55	59.02
5	78.65	60	56.44
10	77.25	65	53.52
15	75.22	70	51.06
20	73.31	75	48.09
25	71.53	80	45.00
30	69.58	85	41.82
35	67.63	90	38.94
40	65.08	95	35.39
45	63.23	100	32.23
50	61.11		

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.1 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 70 °ซ และลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 117–130 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.2 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 80 °ซ และลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 114–122 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.3 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 90 °ซ และลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 100–110 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.4 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 100°ซ และลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 90–100 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.5 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 70 °ซ และลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 85–100 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.6 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 80 °ซ และลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50–55 % ใช้เวลาประมาณ 83–95 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.7 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 90 °ซ และลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสม

เพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50-55 % ใช้เวลาประมาณ 72-85 นาที

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.8 การลดปริมาณความชื้นของชิ้นมันในเครื่องอบแห้งแบบถาด เมื่ออุณหภูมิลมร้อน 100 °ซ และลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ปริมาณความชื้นของชิ้นมันจะลดลง และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 50-55 % ใช้เวลาประมาณ 62-72 นาที

6.2 การเพิ่มปริมาณโปรตีนของชิ้นมันสำปะหลังในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ

การเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลัง จำเป็นต้องศึกษาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนถาดขนาดเล็กเสียก่อน เพื่อดูว่าสภาวะที่ได้จากการทดลองหัวข้อ 6.1 นั้นเป็นสภาวะที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในกล่องหมักดังผลที่แสดงอยู่ในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของชิ้นมันสำปะหลังที่หมักในกล่องหมัก

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7
ปริมาณโปรตีน (%โดยน้ำหนักแห้ง)	10.00	10.50	10.30	9.70	10.00	10.25	9.50

จากการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของชิ้นมันก่อนหมัก มีค่าอยู่ระหว่าง 1.60 - 2.00 % หลังจากทำการหมักมีโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 9.50 - 10.50% (เฉลี่ยประมาณ 10.04%)

6.3 การเพิ่มปริมาณโปรตีนของชั้นมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง

เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องชุดแรกมีปัญหา เนื่องจากการที่ชั้นมันหลุดออกจากสายพาน จึงเปลี่ยนแบบเป็นเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องชุดที่สอง ซึ่งต่างจากชุดแรกคือการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการลดความชื้นของชั้นมัน ดังนั้นวิธีการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนจึงเปลี่ยนจากการต้มชั้นมันเป็นการพ่นไอน้ำ(steam)ลงบนชั้นมันแทน ผลการทดลอง การเพิ่มโปรตีนของชั้นมันดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของชั้นมันสำปะหลังที่หมัก ในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7
ปริมาณโปรตีน (%โดยน้ำหนักแห้ง)	11.00	10.75	11.50	10.38	11.00	10.50	10.90

จากการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของชั้นมันก่อนหมัก มีค่าอยู่ระหว่าง 1.60 - 2.00 % หลังจากทำการหมักมีโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 10.38 - 11.50 % (เฉลี่ยประมาณ 10.86%)

รูปที่ 6.9 แสดงมันสำปะหลังโปรตีนสูง ในขณะที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง

6.4 <u>การคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลัง ในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง</u>

(1) ต้นทุนคงที่ (fixed cost) ในการสร้างเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ

- ตาข่ายไนล่อน(สายพาน) กว้าง 20 ซม ยาว 4100 ซม ราคา 125.-บาท
- ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านนศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 35 ซม จำนวน 20 อัน ราคา 995.-บาท
- หัวปิด-ท้ายท่อพีวีซี จำนวน 40 อัน ราคา 1,520.-บาท
- ท่อสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 40 ซม ราคา 450.-บาท
- ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ยาว 840 ซม ราคา 200.-บาท
- เหล็กฉากขนาด 1(1/8) x 1/8 นิ้ว ยาว 2600 ซม ราคา 312.-บาท
- เหล็กเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาว 1100 ซม ราคา 92.-บาท
- ข้องอพีวีซี 90° ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว จำนวน 6 อัน ราคา 120.-บาท
- ข้องอพีวีซี 3 ทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว จำนวน 27 อัน ราคา 540.-บาท
- แผ่นสังกะสี เบอร์ 35 ขนาด 3 ฟุต x 6 ฟุต จำนวน 4 แผ่น ราคา 260.-บาท
- เกจวาล์ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว จำนวน 1 อัน ราคา 192.-บาท
- แผ่นเหล็ก ขนาด 1 ตารางเมตร ราคา 80.-บาท
- โซ่ยาว 5 ฟุต ราคา 75.-บาท
- สเตอร์หน้า 1 อัน ราคา 65.-บาท
- สเตอร์หลัง 4 อัน ราคา 140.-บาท
- วัสดุเบ็ดเตล็ด (ท่อยาง+น๊อตสกรู+หมุดย้ำ+การทาท่อ+ลวดผูกเหล็ก+ลวดเชื่อมไฟฟ้า +สีทากันสนิม) <u>ราคา 250.-บาท</u>

รวมราคา <u>5,416</u>.-บาท

(2) ต้นทุนคงที่ที่เป็นอุปกรณ์ประกอบภายนอกเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ

- มอเตอร์ 1 ตัว ราคา 3,500.-บาท
- Blower + Heater 4500 w + Magneticswitch + Heater control ราคา 4,550.-บาท
- Heater 220 V 800 W จำนวน 1 ตัว ราคา 120.-บาท
- Thermostat 1 ตัว ราคา 1,750.-บาท
- ถังให้อากาศชื้นร้อน ทำด้วยสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ฟุต สูง 2.5 ฟุต ราคา 1,400.-บาท

รวมราคา 11,320.-บาท

เนื่องจากเครื่องอัดอากาศ(air compressor) และเครื่องผลิตไอน้ำ (boiler)มีราคาสูงมากและไม่ทราบราคาซื้อ - ขายในปัจจุบัน

(3) ต้นทุนแปรผัน (variable cost) ในการดำเนินงานเกี่ยวกับค่าไฟฟ้า

- เครื่องผลิตไอน้ำ (boiler) ใช้น้ำมันดีเซล 25 ลิตร ๆ ละ 6.40 บาท ใช้ไฟฟ้า 1 ยูนิต ราคา 161.50 บาท
- เครื่องเป่าลมร้อน (blower) + ขดลวดความร้อน (heater) ใช้ไฟฟ้า 1 ยูนิต ราคา 1.50 บาท
- ขดลวดความร้อนในถังให้อากาศชื้นร้อน (heater) ใช้ไฟฟ้า 7.5 ยูนิต ราคา 11.25 บาท
- เครื่องอัดอากาศ(air compressor)ใช้ไฟฟ้า 17.7 ยูนิต ราคา 26.55 บาท
- มอเตอร์ ใช้ไฟฟ้า 0.8 ยูนิต ราคา 1.20 บาท

รวมราคา 202.- บาท

ดังนั้นต้นทุนค่าไฟฟ้า/ชั่วโมง = 202/30 = 6.73 บาท

หมายเหตุ ราคาไฟฟ้า 1 ยูนิต = 1.50 บาท

(4) ต้นทุนมันสำปะหลังก่อนเพิ่มโปรตีน (ต้นทุนแปรผัน)

อัตราการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูง = 0.1 กก มันแห้ง/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ทั้งหมดในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ = 30 ชั่วโมง

ดังนั้นอัตราการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูง = 0.1x30 = 3 กก มันแห้ง

ราคามันสำปะหลังก่อนเพิ่มโปรตีนกิโลกรัมละ = 0.70 บาท

ต้นทุนมันสำปะหลังก่อนเพิ่มโปรตีน = 3x0.70 = 2.10 บาท

(5) ราคามันสำปะหลังโปรตีนสูง/กก มันแห้ง (production cost)

ต้นทุนทั้งหมดในเวลา 30 ชั่วโมง = 5,416+11,320+202+2.10

= 16,940 บาท

ต้นทุนการผลิตต่อชั่วโมง = $\frac{16,940.1}{30}$ บาท/ชั่วโมง

= 564.67 บาท/ชั่วโมง

ราคามันสำปะหลังโปรตีนสูง = $\frac{\text{ต้นทุนการผลิตต่อชั่วโมง}}{\text{อัตราการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูงต่อชั่วโมง}}$

= $\frac{564.67}{0.1}$

= 5646.7 บาท/กก มันแห้ง

(6) การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (break-even analysis) เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน (วันชัย และชอุ่ม 2523 :49-51)

จาก $C = F + NxV$

โดยที่ F = ต้นทุนคงที่

N = จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

C = ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

$$R = NxP$$

โดยที่ R = รายได้ทั้งหมด

P = ราคาขายผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย

ณ.จุดคุ้มทุน $R = C$

ดังนั้น $NxP = F + NxV$

จะได้ $$N = \frac{F}{P-V}$$

กรณีนี้เป็นปริมาณการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูงที่จุดคุ้มทุน โดยให้ราคาขายต่อหน่วยเทียบกับราคาปลาป่นในปัจจุบัน ดังนั้น

ราคาขายมันสำปะหลังโปรตีนสูง (P) = 12.80 บาท/กก มันแห้ง

(เทียบกับราคาปลาป่นต่อกก)

ค่าไฟฟ้า = 6.73 บาท/ชั่วโมง

อัตราการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูง = 0.1 กก มันแห้ง/ชั่วโมง

จะได้ค่าไฟฟ้า (V) = $\frac{6.73}{0.1}$ บาท/กก มันแห้ง

= 67.30 บาท/กก มันแห้ง

จากข้อมูลต้นทุนแปรผันต่อหน่วยคือค่าไฟฟ้าในการผลิต (67.30 บาท/กก มันแห้ง) มีราคาสูงกว่าราคาขายมันสำปะหลังโปรตีนสูง(12.80 บาท/กก มันแห้ง) จึงไม่สามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนได้ แต่ถ้าต้นทุนการผลิตไอน้ำลดลงจากเดิม และราคาขายมันสำปะหลังโปรตีนสูงมีราคาสูงขึ้น ก็จะคำนวณหาอัตราการผลิตมันสำปะหลังโปรตีนสูงได้