

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดลองมี 3 ส่วน คือ ผลการบ่มลูกพลับ ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธี และผลการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตมิทรีในวิธีมาตรฐาน AOAC 953.02 ให้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ผลการบ่มลูกพลับด้วยวิธีการบ่มต่าง ๆ

เมื่อนำตัวอย่างลูกพลับมาทำการบ่มเพื่อลดความฝาด โดยวิธีการบ่มที่ใช้ในอำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ 4 วิธี คือ การบ่มด้วยสนสามใบ, บ่มโดยการต้มจุกลูกพลับด้วยเอทานอล, บ่มด้วยแก๊สอะเซทิลีน และการแช่ด้วยน้ำปูนใส เปรียบเทียบกับชุดควบคุม น้ำหนักที่ใช้ในการบ่ม 10 กิโลกรัม ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพของลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ

วิธีการบ่ม	ลักษณะทางกายภาพ	น้ำหนักลูกพลับที่นำ (กิโลกรัม)	ร้อยละน้ำหนักลูกพลับที่นำเมื่อเทียบกับก่อนบ่ม
บ่มด้วยสนสามใบ	ลูกพลับแข็ง กรอบ มีรสหวาน มีกลิ่นใบสนติดผล	1.40	14
ต้มจุกด้วยเอทานอล	ลูกพลับแข็ง กรอบ มีหวานฝืด มีกลิ่นเอทานอลติดผล	3.50	35
บ่มด้วยแก๊สอะเซทิลีน	ลูกพลับนุ่ม ถึงละ มีรสหวาน	7.80	78
แช่ปูนใส	ลูกพลับแข็ง กรอบ มีหวานฝืด ผิวลูกพลับมีคราบสีขาวของปูน	5.30	53
ชุดควบคุม (ทิ้งไว้ให้สุกเอง)	ลูกพลับแข็ง กรอบ มีรสฝาด	1.20	12

จากตารางผลการบ่มลูกพลับด้วยแก๊สอะเซทิลีน ให้ลูกพลับเน่ามากที่สุด และเน่าน้อยที่สุดคือการบ่มด้วยสนสามใบ เมื่อเทียบกับน้ำหนักก่อนบ่มเท่ากัน 10 กิโลกรัม

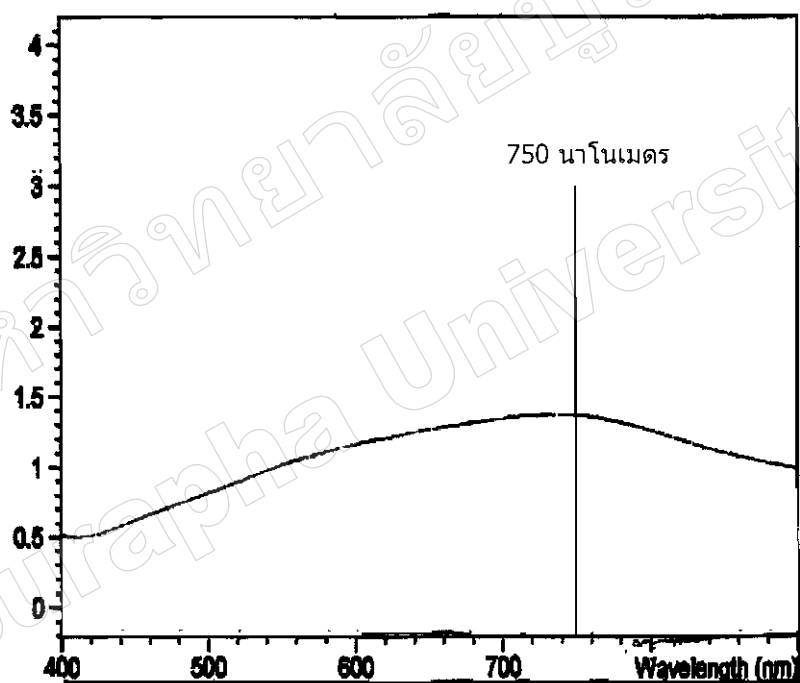
2. ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธี

2.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน

2.1.1 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

ในการหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดโดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกความเข้มข้น 0.03, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.30, 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ศึกษาในช่วงความยาวคลื่น 400 – 900 นาโนเมตร ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 5

ค่าการดูดกลืนแสง (A)



ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)

ภาพที่ 5 สเปกตรัมแสดงการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกที่ความเข้มข้น

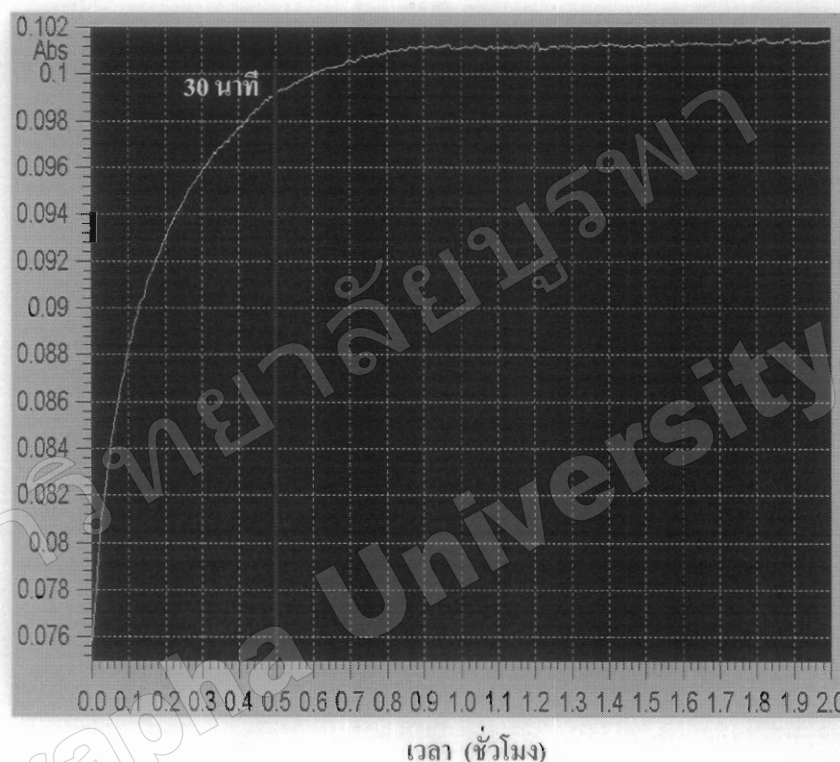
1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากภาพที่ 5 พบว่าสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงิน เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายฟิลา-เดนีส รีเอเจนต์

2.1.2 การศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

จากการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ช่วงเวลา 0 – 120 นาที พบว่าได้ผลดังภาพที่ 6

ค่าการดูดกลืนแสง (A)

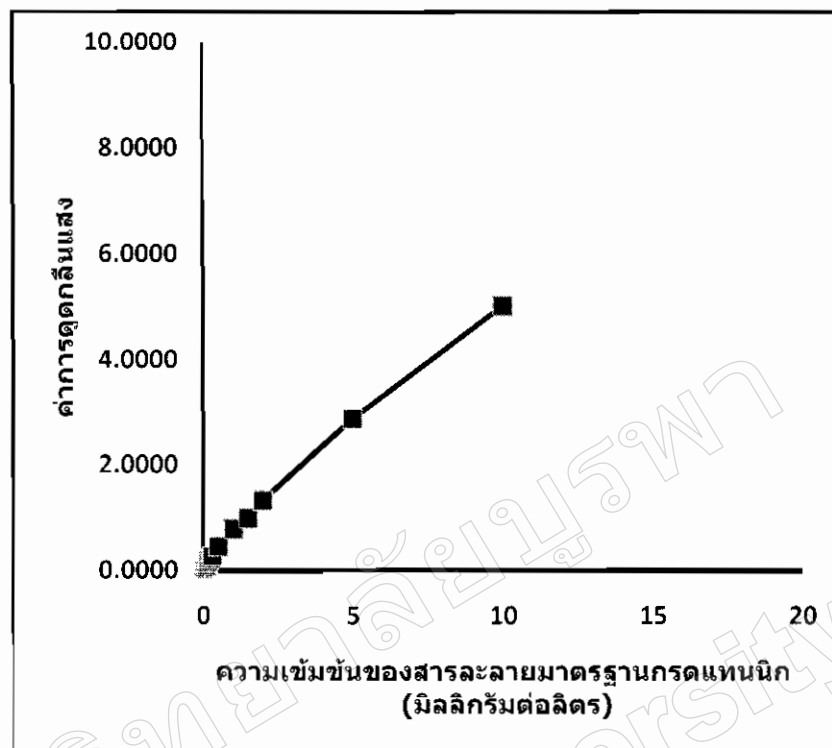


ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร กับเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

จากภาพที่ 6 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เวลาในช่วง 20 - 40 นาที เป็นช่วงที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา จึงเลือกใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 30 นาที (ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% เมื่อเทียบกับเวลา 50 นาทีขึ้นไป)

2.1.3 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง

ทำการศึกษาค่าช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ความเข้มข้น 0.03, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.30, 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงผลที่ได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก

จากผลการทดลองพบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.03-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงที่ศึกษา (working range) อยู่ในช่วง 0.05-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

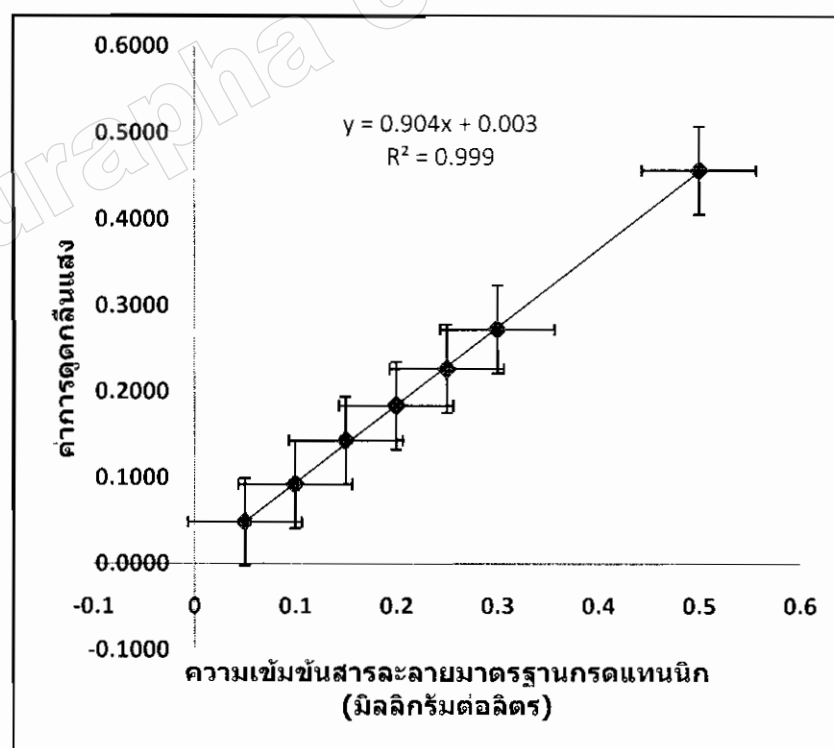
2.1.4 สร้างกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าช่วงที่ศึกษา อยู่ในช่วง 0.05-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร นำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยการนำสารละลายมาตรฐานกรดแทนนินมาทำปฏิกิริยากับสารละลายฟอลิน-เดนีสรีเอเจนต์เกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินให้ได้ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)			ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.05	0.0508	0.0507	0.0443	0.0486 ± 0.0037
0.10	0.0921	0.0924	0.0927	0.0923 ± 0.0002
0.15	0.1417	0.1428	0.1455	0.1433 ± 0.0020
0.20	0.1831	0.1846	0.1838	0.1838 ± 0.0008
0.25	0.2257	0.2268	0.2276	0.2267 ± 0.0010
0.30	0.2713	0.2728	0.2732	0.2724 ± 0.0010
0.50	0.4543	0.4587	0.4577	0.4569 ± 0.0023

นำข้อมูลจากตารางที่ 2 มาสร้างกราฟมาตรฐานโดยให้แกน x เป็นความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก และแกน y เป็นค่าการดูดกลืนแสง ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

2.2 การวิเคราะห์หาขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (Limit of Detection , LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์หาปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ)

การวิเคราะห์หาขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์หาปริมาณ โดยใช้ผลจากกราฟมาตรฐานมาคำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์หาปริมาณ

ค่าวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
สมการเส้นตรง	$Y = 0.9043x + 0.0032$
R^2	0.9997
ช่วงที่ศึกษา (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.05-0.5
LOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.01
LOQ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.03
ความเที่ยง (%RSD, n= 5)	0.19* 0.25**

หมายเหตุ * สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

** สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก เข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 การหาค่าร้อยละการได้กลับคืน (% Recovery)

การวิเคราะห์หาค่าร้อยละการได้กลับคืนจากลูกพลับที่ทำการบ่ม 4 วิธี โดยแต่ละวิธีทำการวิเคราะห์ส่วนที่เป็นเปลือก เนื้อ และทั้งเปลือกและเนื้อของลูกพลับ ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก 0.1 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงผลดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 แสดงการหาร้อยละการได้กลับคืน ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก
0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการบ่ม	ส่วนวิเคราะห์	ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ			เฉลี่ย	%Recovery
		สารละลายกรด	สารละลาย	สารละลายกรดแทนนิก			(มิลลิกรัม	
		แทนนิก	มาตรฐานที่เดิม	หลังเติม (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ต่อลิตร)	
		ก่อนเติม	1 มิลลิกรัมต่อลิตร	1	2	3		
		(มิลลิกรัมต่อลิตร)						
สนสามใบ	เปลือก	0.06	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15±0.0006	95.47
	เนื้อ	0.05	0.1	0.15	0.15	0.16	0.15±0.0070	98.01
	เปลือกและเนื้อ	0.09	0.1	0.20	0.19	0.19	0.19±0.0049	97.61
แถมด้วยเอทานอล	เปลือก	0.18	0.1	0.27	0.27	0.27	0.27±0.0006	97.31
	เนื้อ	0.18	0.1	0.27	0.27	0.27	0.27±0.0017	97.83
	เปลือกและเนื้อ	0.19	0.1	0.29	0.29	0.29	0.29±0.0026	98.82
แก๊สอะเซทิลีน	เปลือก	0.07	0.1	0.17	0.17	0.17	0.17±0.0016	97.39
	เนื้อ	0.06	0.1	0.15	0.15	0.16	0.15±0.0040	98.23
	เปลือกและเนื้อ	0.07	0.1	0.17	0.17	0.17	0.17±0.0025	96.50
แช่น้ำปูนใส	เปลือก	0.07	0.1	0.16	0.16	0.17	0.17±0.0022	97.35
	เนื้อ	0.06	0.1	0.16	0.16	0.15	0.16±0.0050	98.31
	เปลือกและเนื้อ	0.06	0.1	0.16	0.16	0.15	0.16±0.0039	96.43

ตารางที่ 5 แสดงการหาค่าร้อยละการได้กลับคืน ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก
0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการบ่ม	ส่วนวิเคราะห์	ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ	ความเข้มข้นของ			เฉลี่ย	%Recovery
		สารละลายกรด	สารละลาย	สารละลายกรดแทนนิก			(มิลลิกรัม	
		แทนนิก	มาตรฐานที่เดิม	หลังเดิม (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ต่อลิตร)	
		ก่อนเดิม	0.25 มิลลิกรัมต่อ	1	2	3		
		(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลิตร					
สนสามใบ	เปลือก	0.06	0.25	0.31	0.30	0.30	0.30±0.0038	98.01
	เนื้อ	0.05	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30±0.0030	98.02
	เปลือกและเนื้อ	0.09	0.25	0.34	0.33	0.34	0.34±0.0060	98.15
เติมด้วยเอทานอล	เปลือก	0.18	0.25	0.41	0.42	0.41	0.42±0.0009	95.54
	เนื้อ	0.18	0.25	0.42	0.42	0.43	0.42±0.0063	98.98
	เปลือกและเนื้อ	0.19	0.25	0.43	0.44	0.44	0.44±0.0031	97.74
แก๊สอะเซทิลีน	เปลือก	0.07	0.25	0.32	0.31	0.32	0.32±0.0013	97.43
	เนื้อ	0.06	0.25	0.30	0.31	0.30	0.30±0.0035	98.60
	เปลือกและเนื้อ	0.07	0.25	0.32	0.32	0.32	0.32±0.0032	99.24
แช่น้ำปูนใส	เปลือก	0.07	0.25	0.31	0.31	0.31	0.31±0.0008	96.59
	เนื้อ	0.06	0.25	0.31	0.31	0.31	0.31±0.0029	98.43
	เปลือกและเนื้อ	0.06	0.25	0.29	0.30	0.30	0.30±0.0057	96.30

ผลการวิเคราะห์หาค่าร้อยละการกลับคืนของสารมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 0.1 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในช่วง 95.47–98.82% และ 95.54–98.98% ซึ่งให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

3. การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในตัวอย่างลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ

นำสภาวะที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในตัวอย่างลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ ในอำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 แสดงความเข้มข้นของแทนนินที่พบในลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มแบบต่าง ๆ

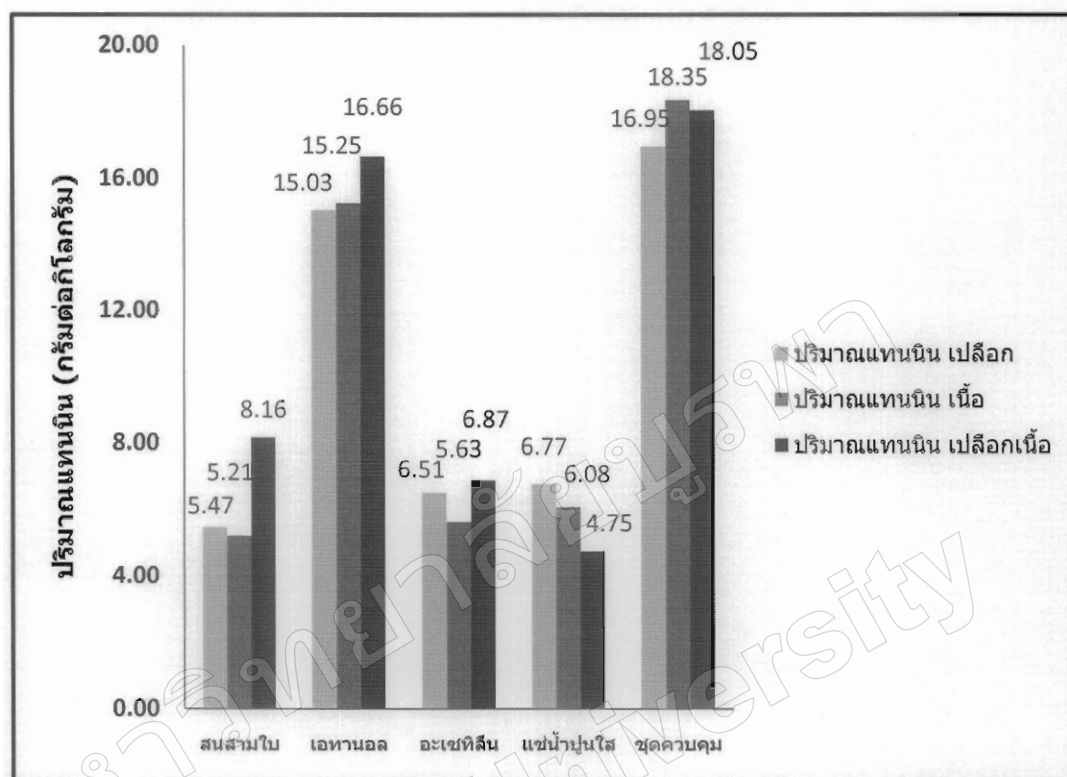
วิธีการบ่ม	ส่วนวิเคราะห์	ความเข้มข้นของแทนนิน			เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
		มิลลิกรัมต่อลิตร			
		1	2	3	
สนสามใบ	เปลือก	0.06	0.06	0.08	0.07±0.0124
	เนื้อ	0.05	0.07	0.07	0.07±0.0098
	เปลือกและเนื้อ	0.10	0.10	0.10	0.10±0.0019
ต้มด้วยเอทานอล	เปลือก	0.18	0.18	0.21	0.19±0.0129
	เนื้อ	0.18	0.19	0.21	0.19±0.0146
	เปลือกและเนื้อ	0.20	0.22	0.21	0.21±0.0075
แก๊สอะเซทิลีน	เปลือก	0.11	0.08	0.06	0.08±0.0213
	เนื้อ	0.06	0.09	0.06	0.07±0.0237
	เปลือกและเนื้อ	0.08	0.08	0.09	0.09±0.0061
แช่น้ำปูนใส	เปลือก	0.07	0.09	0.10	0.09±0.0169
	เนื้อ	0.07	0.09	0.07	0.08±0.0100
	เปลือกและเนื้อ	0.06	0.06	0.06	0.06±0.0032
ชุดควบคุม (ทิ้งไว้ให้สุกเอง)	เปลือก	0.21	0.21	0.22	0.21±0.0049
	เนื้อ	0.23	0.23	0.24	0.23±0.0033
	เปลือกและเนื้อ	0.23	0.23	0.23	0.23±0.0029

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณแทนนินที่พบในตัวอย่างลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ

วิธีการบ่ม	ปริมาณแทนนิน (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	เปลือก	เนื้อ	เปลือกและเนื้อ
บ่มด้วยสนสามใบ	5.47	5.21	8.16
ต้มจุกด้วยเอทานอล	15.03	15.25	16.66
บ่มด้วยแก๊สอะเซทิลีน	6.51	5.63	6.87
แช่น้ำปูนใส	6.77	6.08	4.75
ชุดควบคุม (ทิ้งไว้ให้สุกเอง)	16.94	18.35	18.05

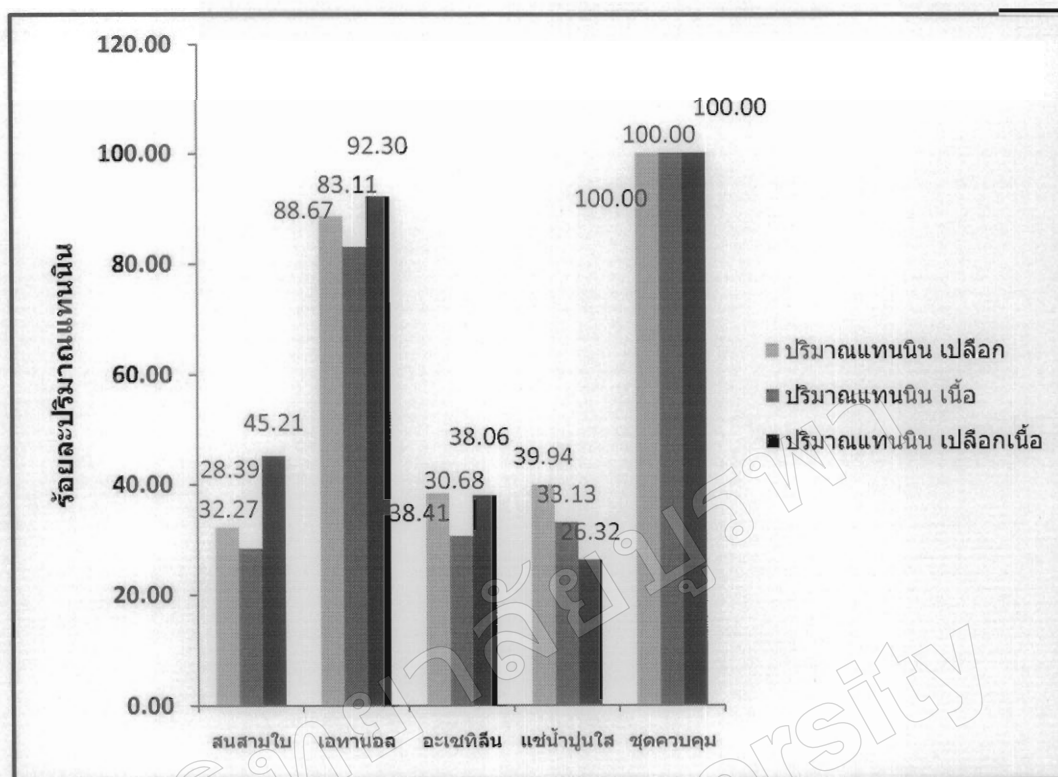
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในตัวอย่างลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ ส่วนเปลือกลูกพลับมีปริมาณแทนนินอยู่ในช่วง 5.47–15.03 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนเนื้อลูกพลับมีปริมาณแทนนิน 5.21–15.25 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนเปลือกและเนื้อรวมกันมีปริมาณแทนนิน 4.75–16.66 กรัมต่อกิโลกรัม โดยทุกวิธีการบ่มมีปริมาณแทนนินน้อยกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

นำข้อมูลจากตารางที่ 7 แปลผลข้อมูลเป็นแผนภูมิปริมาณแทนนินในลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ เทียบกับปริมาณแทนนินในชุดควบคุม แสดงผลดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงปริมาณแวนินหลังการบ่มด้วยวิธีแบบต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม

และเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 7 มาคำนวณร้อยละปริมาณแวนินในลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ เทียบกับปริมาณแวนินในชุดควบคุม เพื่อให้ปริมาณแวนินในลูกพลับในชุดควบคุมเป็นร้อยละร้อย แสดงผลดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงค่าร้อยละปริมาณแวนนินในลูกพลับที่ได้จากวิธีการบ่มต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม

นำข้อมูลการบ่มลูกพลับด้วยวิธีต่าง ๆ 10 กิโลกรัม มาพิจารณาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยราคาซื้อที่ 10 บาทต่อกิโลกรัม และขายที่ราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ กว้างไร-ขาดทุน แสดงผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของลูกพลับที่บ่มด้วยวิธีต่าง ๆ

วิธีการบ่ม	น้ำหนัก พลับก่อน บ่ม (kg)	น้ำหนัก พลับเน่า (kg)	น้ำหนัก พลับเหลือ หลังบ่ม (kg)	ราคาซื้อ (บาท)	ราคาขาย (บาท)	กำไร-ขาดทุน (บาท)
บ่มด้วยสนสามใบ	10	1.40	8.60	100	301	+201
ต้มจุกด้วยเอทานอล	10	3.50	6.50	100	227.5	+127.5
บ่มด้วยอะเซทิลีน	10	7.80	2.20	100	77	- 23
แช่น้ำปูนใส	10	5.30	4.70	100	164.5	+64.5

การบ่มลูกพลับด้วยสนสามใบให้กำไรมากที่สุด และการบ่มด้วยอะเซทิลีนมีการขาดทุน
เนื่องจากการเน่าเสียของผลพลับมากที่สุด