

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง 2. การหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี สเปกโตรโฟโตเมตรี ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

#### 1. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

##### 1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. ถ้วยเซรามิกทนทนความร้อน (crucible porcelain)
2. ขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มล.
3. ปิเปตขนาด 20 มล.
4. ถ้วยบีกเกอร์ขนาด 250 มล.
5. กระชอนพิก้า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม.
6. เตาให้ความร้อน (hot plate)
7. เตาเผา (muffle furnace)
8. ขวดพลาสติกขนาด 240 มล.
9. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1:1
10. น้ำกลั่นปราศจากประจุ(deionized water)

##### 1.2 วิธีการ

ชั่งตัวอย่างใส่ถ้วยทนความร้อนปริมาณ 5-7 กรัม เเผาไล่ควันที่อุณหภูมิประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส บนเตาให้ความร้อน จนกระทั่งหมดควัน นำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 470 องศาเซลเซียส (Lantsch, 1961) นาน 12-13 ชั่วโมง จนกระทั่งได้ (ash) ที่ได้มีสีเทาจนถึงสีขาว นำด้วยมาละลายด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1:1 ปริมาตร 20 มล. ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นนำมาปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มล. กรองสารละลายตัวอย่างเก็บไว้วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสต่อไป

### 2. การหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี สเปกโตรโฟโตเมตรี

#### 2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. ปิเปตขนาด 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มล.

2. ขวดปรับปริมาตรขนาด 50, 100, 250, 500, 1000 และ 2000 มล.
3. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
4. หลอดอ่านค่าตัวอย่าง (quivet)
5. สารละลายมาตรฐาน (standard solution) ความเข้มข้น 100 มก. P /1000 มล.
6. สารละลายกรดไนตริก 1:2
7. สารละลายแอมมเนียมวานาเดตความเข้มข้น 0.25 %w/v
8. สารละลายแอมมเนียมโมลิบเดตความเข้มข้น 5.0 %w/v
9. VM-reagent คือสารละลายในข้อที่ 6, 7 และ 8 ผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 เก็บไว้ในขวดสีชา

## 2.2 วิธีการ

เตรียมสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มก. P /1000 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ 1/3 ของขวดปรับปริมาตร ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนรูปโครงสร้างเป็นออร์โทฟอสเฟต ที่ไว้เย็น เติมสารละลาย VM-reagents 30 มล. และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ควรตั้งทิ้งไว้ให้เย็นพัฒนาสีอย่างน้อย 1 ชม. แต่ไม่เกิน 4 ชม. ในที่มืด ซึ่งสารละลายตัวอย่างควรสุ่มตัวอย่างให้มีปริมาณฟอสเฟต 1 มก. และทำเช่นเดียวกับสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร และเมื่อค่าการดูดกลืนแสงแล้ว นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน

### การคำนวณ

ความเข้มข้น P (มก. / 100 มล.)

$$\% P = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่าง}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงมาตรฐาน}} \times 100$$

น้ำหนักตัวอย่าง (ก.)

## ภาคผนวก ข

## ตารางวิเคราะห์สถิติ

ตารางภาคผนวก ข-1. T-Test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเอนไซม์ไฟเตสที่ได้จากการคำนวณใช้ในสูตรอาหารทดสอบ (หน่วย/กก.อาหาร) กับค่าเฉลี่ยของปริมาณเอนไซม์ไฟเตสที่ได้จากการวิเคราะห์จากอาหารทดสอบ (หน่วย/กก. อาหาร)

## paired Samples Test.

		Pair 1
		Calculation-Analysis
Paired Differences	Means	-4.9167
	Std. Deviation	83.8835
	Std. Error Mean	24.2151
	95 % Confidence Interval Lower of the Difference	-58.2137
	Upper	48.3804
T		-203
Df		11
Sig. (2-tailed)		0.843

ตารางภาคผนวก ข-2 ANOVA สูตรอาหารทดสอบแป้งมันสำปะหลัง

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	6871168	3	2290389.195	17.509	0.000
	Error	1308112	10	130811.152		
	Corrected total	8179279	13			
DFI	Model	8339.555	3	2779.852	1.596	0.251
	Error	17413.758	10	1741.376		
	Corrected total	25753.313	13			
DMD	Model	14.074	3	4.691	2.656	0.106
	Error	17.663	10	1.766		
	Corrected total	31.736	13			
DIGPD	Model	791.933	3	263.978	2.293	0.140
	Error	1151.117	10	115.112		
	Corrected total	1943.050	13			
DIGCAD	Model	3819.665	3	1273.222	6.087	0.013
	Error	2091.595	10	209.159		
	Corrected total	5911.260	13			
DIGCPD	Model	1986681.004	3	662227.001	2.350	0.134
	Error	2817464.133	10	281746.413		
	Corrected total	4804145.137	13			
DIGEED	Model	27633.643	3	9211.214	10.834	0.002
	Error	8502.431	10	850.243		
	Corrected total	36136.074	13			
DIGCFD	Model	12791.763	3	4263.921	8.181	0.005
	Error	5211.711	10	521.171		
	Corrected total	18003.474	13			
DIGASHD	Model	971.840	3	323.947	1.904	0.193
	Error	1701.348	10	170.135		
	Corrected total	2673.187	13			

ตารางภาคผนวก ข-3 ANOVA สูตรอาหารทดสอบข้าวโพด

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	1471662	3	490553.983	0.351	0.789
	Error	$1.7 \times 10^7$	12	1396215.084		
	Corrected total	$1.8 \times 10^8$	15			
DFI	Model	12775.085	3	4258.362	0.190	0.901
	Error	269520.574	12	22460.048		
	Corrected total	282295.660	15			
DMD	Model	2.271	3	0.757	0.136	0.937
	Error	66.830	12	5.569		
	Corrected total	69.101	15			
DIGPD	Model	187.164	3	62.388	0.742	0.547
	Error	1009.491	12	84.124		
	Corrected total	1196.655	15			
DIGCAD	Model	715.915	3	238.638	3.414	0.053
	Error	838.688	12	69.891		
	Corrected total	1554.603	15			
DIGCPD	Model	7.326	3	2.442	0.242	0.866
	Error	121.294	12	10.108		
	Corrected total	128.620	15			
DIGEED	Model	35.248	3	11.749	0.451	0.721
	Error	312.370	12	26.031		
	Corrected total	347.618	15			
DIGCFD	Model	57.438	3	19.146	0.114	0.950
	Error	2018.422	12	168.202		
	Corrected total	2075.860	15			
DIGASHD	Model	1496.074	3	498.691	6.650	0.007
	Error	899.891	12	74.991		
	Corrected total	2395.966	15			

ตารางภาคผนวก ข-4 ANOVA วัตถุประสงค์ทดสอบข้าวโพด

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	1471662	3	490553.983	0.351	0.789
	Error	1.7* 10 <sup>7</sup>	12	1396215.084		
	Corrected total	1.8* 10 <sup>8</sup>	15			
DFI	Model	12775.085	3	4258.362	0.190	0.901
	Error	269520.574	12	22460.048		
	Corrected total	282295.660	15			
DMD	Model	2.271	3	0.757	0.136	0.937
	Error	66.830	12	5.569		
	Corrected total	69.101	15			
DIGPFS	Model	21.679	3	7.226	0.535	0.667
	Error	162.052	12	13.504		
	Corrected total	183.731	15			
DIGCAFS	Model	1253.667	3	417.889	9.976	0.001
	Error	502.653	12	41.888		
	Corrected total	1756.320	15			
DIGCPFS	Model	211.989	3	70.663	0.147	0.930
	Error	5767.833	12	480.653		
	Corrected total	5979.822	15			
DIGEEFS	Model	90.967	3	30.322	9.107	0.002
	Error	39.955	12	3.330		
	Corrected total	130.923	15			
DIGCFFS	Model	134.699	3	44.900	0.222	0.880
	Error	2431.996	12	202.666		
	Corrected total	2566.695	15			
DIGASHFS	Model	2045.266	3	681.755	4.564	0.024
	Error	1792.577	12	149.381		
	Corrected total	3837.843	15			

ตารางภาคผนวก ข-5 ANOVA สูตรอาหารทดสอบรำข้าว

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	716829.628	0.803	0.516
	Error	1.1* 10 <sup>7</sup>	12	892865.727		
	Corrected total	1.3* 10 <sup>7</sup>	15			
DFI	Model	28891.685	3	9630.562	0.113	0.951
	Error	1026300.375	12	85525.031		
	Corrected total	1055192.059	15			
DMD	Model	5.723	3	1.908	0.156	0.924
	Error	146.420	12	12.202		
	Corrected total	152.143	15			
DIGPD	Model	557.062	3	185.687	1.521	0.260
	Error	1465.355	12	122.113		
	Corrected total	2022.416	15			
DIGCAD	Model	511.061	3	170.354	1.413	0.287
	Error	1446.508	12	120.542		
	Corrected total	1957.569	15			
DIGCPD	Model	25.449	3	8.483	0.493	0.694
	Error	206.474	12	17.206		
	Corrected total	231.924	15			
DIGEED	Model	34.519	3	11.506	0.429	0.736
	Error	321.842	12	26.820		
	Corrected total	356.361	15			
DIGCFD	Model	270.596	3	90.199	0.551	0.657
	Error	1962.705	12	163.559		
	Corrected total	2233.301	15			
DIGASHD	Model	247.475	3	82.492	0.792	0.522
	Error	1250.400	12	104.200		
	Corrected total	1497.874	15			

## ตารางภาคผนวก ข-6 ANOVA วัตถุประสงค์ทดสอบไร่ข้าว

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	716829.628	0.803	0.516
	Error	1.1* 10 <sup>7</sup>	12	892865.727		
	Corrected total	1.3* 10 <sup>7</sup>	15			
DFI	Model	28891.685	3	9630.562	0.113	0.951
	Error	1026300.375	12	85525.031		
	Corrected total	1055192.059	15			
DMD	Model	5.723	3	1.908	0.156	0.924
	Error	146.420	12	12.202		
	Corrected total	152.143	15			
DIGPFS	Model	291.036	3	97.012	1.382	0.296
	Error	842.413	12	70.201		
	Corrected total	1133.448	15			
DIGCAFS	Model	1833.987	3	611.329	5.049	0.017
	Error	1452.901	12	121.075		
	Corrected total	3286.888	15			
DIGCPFS	Model	556.481	3	185.494	0.460	0.715
	Error	4837.100	12	403.092		
	Corrected total	5393.581	15			
DIGEEFS	Model	17.570	3	5.857	7.819	0.004
	Error	8.988	12	0.749		
	Corrected total	26.559	15			
DIGCFFS	Model	169.327	3	56.442	0.212	0.886
	Error	3193.570	12	266.131		
	Corrected total	3362.898	15			
DIGASHFS	Model	302.615	3	100.872	0.896	0.471
	Error	1350.412	12	112.534		
	Corrected total	1653.028	15			



ตารางภาคผนวก ข-7 ANOVA สูตรอาหารทดสอบกากถั่วเหลือง

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	1088495.712	0.659	0.593
	Error	2.0*10 <sup>7</sup>	12	1651263.289		
	Corrected total	2.3*10 <sup>7</sup>	15			
DFI	Model	13738.327	3	4579.442	0.314	0.815
	Error	174739.598	12	14561.633		
	Corrected total	188477.924	15			
DMD	Model	1.835	3	0.612	0.274	0.843
	Error	26.809	12	2.234		
	Corrected total	28.644	15			
DIGPD	Model	543.971	3	181.324	2.705	0.092
	Error	804.467	12	67.039		
	Corrected total	1348.438	15			
DIGCAD	Model	226.524	3	75.508	0.826	0.505
	Error	1097.034	12	91.419		
	Corrected total	1323.558	15			
DIGCPD	Model	2.695	3	0.898	0.188	0.902
	Error	57.194	12	4.766		
	Corrected total	59.889	15			
DIGEED	Model	610.106	3	203.369	1.590	0.243
	Error	1534.960	12	127.913		
	Corrected total	2145.065	15			
DIGCFD	Model	2873.141	3	957.714	7.390	0.005
	Error	1555.121	12	129.593		
	Corrected total	4428.62	15			
DIGASHD	Model	433.434	3	144.478	3.552	0.48
	Error	488.068	12	40.672		
	Corrected total	921.503	15			

ตารางภาคผนวก ข-8 ANOVA วัตถุประสงค์สอบภาคตัวเหลือง

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	1088495.712	0.659	0.593
	Error	$2.0 \times 10^7$	12	1651263.289		
	Corrected total	$2.3 \times 10^7$	15			
DFI	Model	13738.327	3	4579.442	0.314	0.815
	Error	174739.598	12	14561.633		
	Corrected total	188477.924	15			
DMD	Model	1.835	3	0.612	0.274	0.843
	Error	26.809	12	2.234		
	Corrected total	28.644	15			
DIGPFS	Model	65.957	3	21.986	2.677	0.094
	Error	98.572	12	8.214		
	Corrected total	164.529	15			
DIGCAFS	Model	2142.660	3	714.220	77.518	0.000
	Error	110.563	12	9.214		
	Corrected total	2253.223	15			
DIGCPFS	Model	16.033	3	5.344	1.189	0.355
	Error	53.938	12	4.495		
	Corrected total	69.972	15			
DIGEEFS	Model	602.529	3	200.843	1.592	0.243
	Error	1514.151	12	126.179		
	Corrected total	2116.680	15			
DIGCFFS	Model	0.208	3	$6.943 \times 10^{-2}$	166.640	0.000
	Error	$5.000 \times 10^{-3}$	12	$4.167 \times 10^{-4}$		
	Corrected total	0.213	15			
DIGASHFS	Model	1.012	3	0.337	98.639	0.000
	Error	$4.103 \times 10^{-2}$	12	$3.419 \times 10^{-3}$		
	Corrected total	1.053	15			

## ตารางภาคผนวก ข-9 ANOVA อาหารทดสอบกากทานตะวัน

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	2536623.285	0.865	0.486
	Error	3.5*10 <sup>7</sup>	12	2933390.115		
	Corrected total	4.3*10 <sup>7</sup>	15			
DFI	Model	215532.830	3	71844.277	0.582	0.638
	Error	1480104.030	12	123342.003		
	Corrected total	1695636.860	15			
DMD	Model	16.820	3	5.607	0.558	0.653
	Error	120.671	12	10.056		
	Corrected total	137.491	15			
DIGPD	Model	636.817	3	212.272	1.125	0.378
	Error	2264.481	12	188.707		
	Corrected total	2901.298	15			
DIGCAD	Model	366.864	3	122.288	1.105	0.385
	Error	1328.350	12	110.696		
	Corrected total	1695.214	15			
DIGCPD	Model	7.252	3	2.417	0.260	0.853
	Error	111.388	12	9.282		
	Corrected total	118.640	15			
DIGEED	Model	152.057	3	50.686	1.482	0.269
	Error	410.398	12	34.200		
	Corrected total	592.456	15			
DIGCFD	Model	289.964	3	96.655	0.500	0.689
	Error	2317.579	12	193.132		
	Corrected total	2607.544	15			
DIGASHD	Model	629.567	3	209.856	3.923	0.037
	Error	641.918	12	53.493		
	Corrected total	1271.485	15			

**ตารางภาคผนวก ข-10 ANOVA** วัตถุประสงค์ทดสอบกากทานตะวัน

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
DMI	Model	2150489	3	2536623.285	0.865	0.486
	Error	3.5*10 <sup>7</sup>	12	2933390.115		
	Corrected total	4.3*10 <sup>7</sup>	15			
DFI	Model	215532.830	3	71844.277	0.582	0.638
	Error	1480104.030	12	123342.003		
	Corrected total	1695636.860	15			
DMD	Model	16.820	3	5.607	0.558	0.653
	Error	120.671	12	10.056		
	Corrected total	137.491	15			
DIGPFS	Model	131.391	3	43.797	0.927	0.457
	Error	566.889	12	47.241		
	Corrected total	698.280	15			
DIGCAFS	Model	2517.010	3	839.003	14.386	0.000
	Error	699.840	12	58.320		
	Corrected total	3216.850	15			
DIGCPFS	Model	17.329	3	5.776	0.138	0.935
	Error	501.926	12	41.827		
	Corrected total	519.255	15			
DIGEEFS	Model	19.808	3	6.603	2.327	0.126
	Error	34.049	12	2.837		
	Corrected total	53.857	15			
DIGCFFS	Model	1042.177	3	347.392	0.125	0.944
	Error	33456.232	12	2788.019		
	Corrected total	34498.409	15			
DIGASHFS	Model	684.305	3	228.102	4.162	0.031
	Error	657.660	12	54.805		
	Corrected total	1341.964	15			

**ตารางภาคผนวก ข-11 ANOVA ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสิ่งขับถ่ายจากอาหารทดสอบ  
ข้าวโพดและรำข้าว**

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Nitrogen/D in Faeces (F)	Model	32.838	7	4.691	2.243	0.066
	Error	50.186	24	2.091		
	Corrected total	83.024	31			
Nitrogen/D in Urine (U)	Model	21.984	7	3.141	0.304	0.945
	Error	247.698	24	10.321		
	Corrected total	269.682	31			
Nitrogen/D in F+U	Model	90.322	7	12.903	0.770	0.618
	Error	402.174	24	16.757		
	Corrected total	492.496	31			
Phosphorus/d in Faeces (F)	Model	1527.607	7	218.230	8.257	0.000
	Error	634.300	24	26.429		
	Corrected total	2161.907	31			
Phosphorus/d in Urine (U)	Model	$1.325 \cdot 10^{-2}$	7	$1.892 \cdot 10^{-3}$	0.766	0.621
	Error	$5.928 \cdot 10^{-2}$	24	$2.470 \cdot 10^{-3}$		
	Corrected total	$7.252 \cdot 10^{-2}$	31			
Phosphorus/d in F+U	Model	1533.383	7	219.055	8.247	0.000
	Error	637.508	24	26.563		
	Corrected total	2170.891	31			

**ตารางภาคผนวก ข-12 ANOVA ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสิ่งขับถ่ายจากอาหารทดสอบ**  
**กากถั่วเหลืองและกากทานตะวัน**

Observation	Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Nitrogen/D in Faeces (F)	Model	34.800	7	4.971	2.914	0.024
	Error	40.943	24	1.706		
	Corrected total	75.743	31			
Nitrogen/D in Urine (U)	Model	590.493	7	84.356	0.813	0.585
	Error	2490.304	24	103.763		
	Corrected total	3080.797	31			
Nitrogen/D in F+U	Model	667.484	7	95.355	0.812	0.586
	Error	2817.821	24	117.409		
	Corrected total	3485.304	31			
Phosphorus/d in Faeces (F)	Model	286.590	7	40.941	3.169	0.016
	Error	310.111	24	12.921		
	Corrected total	596.701	31			
Phosphorus/d in Urine (U)	Model	0.114	7	1.624*10 <sup>-2</sup>	1.115	0.386
	Error	0.350	24	1.457*10 <sup>-2</sup>		
	Corrected total	0.463	31			
Phosphorus/d in F+U	Model	281.509	7	40.216	3.109	0.018
	Error	310.435	24	12.935		
	Corrected total	591.943	31			

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ว่าที่ ร.ต. ยุทธการ มณีเทศ
วัน เดือน ปี เกิด	4 ธันวาคม 2520
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ ปี 2525-2532 มัธยมศึกษา โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เชียงใหม่ ปี 2533-2538 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2539-2542 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2543- ปัจจุบัน
ผลงานทางวิชาการ	ร่วมเสนอผลงานวิจัย ในงานสัมมนาวิชาการ “เกษตรก้าวไกล วิจัยเพื่อชุมชน” ครั้งที่ 1 ในวันที่ 27 มิถุนายน 2546 เรื่อง ผลของไฟเตสต่อการย่อยได้ของฟอสฟอรัสในสุกรระยะรุ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved