فسفر

مقدمه

Atomic number	15
Atomic weight	30.98
Melting point	44.2
Boiling point	280

- حدود ۱۲٪ پوسته زمین را تشکیل میدهد
- در طبیعت زیاد است ولی به حالت آزاد یافت نمی شود.
  - بیشتر به صورت اپاتیت { Ca10(Po4)6FCLOH)2 } می باشد.
  - بیش از هر مواد معدنی دیگر در تغییرات مختلف شیمیائی اورگان های زنده دخالت دارد
  - عنصر ضروری در تشکیل استخوانها
  - عنصر ضروری در متابولیسم سلولهای زنده

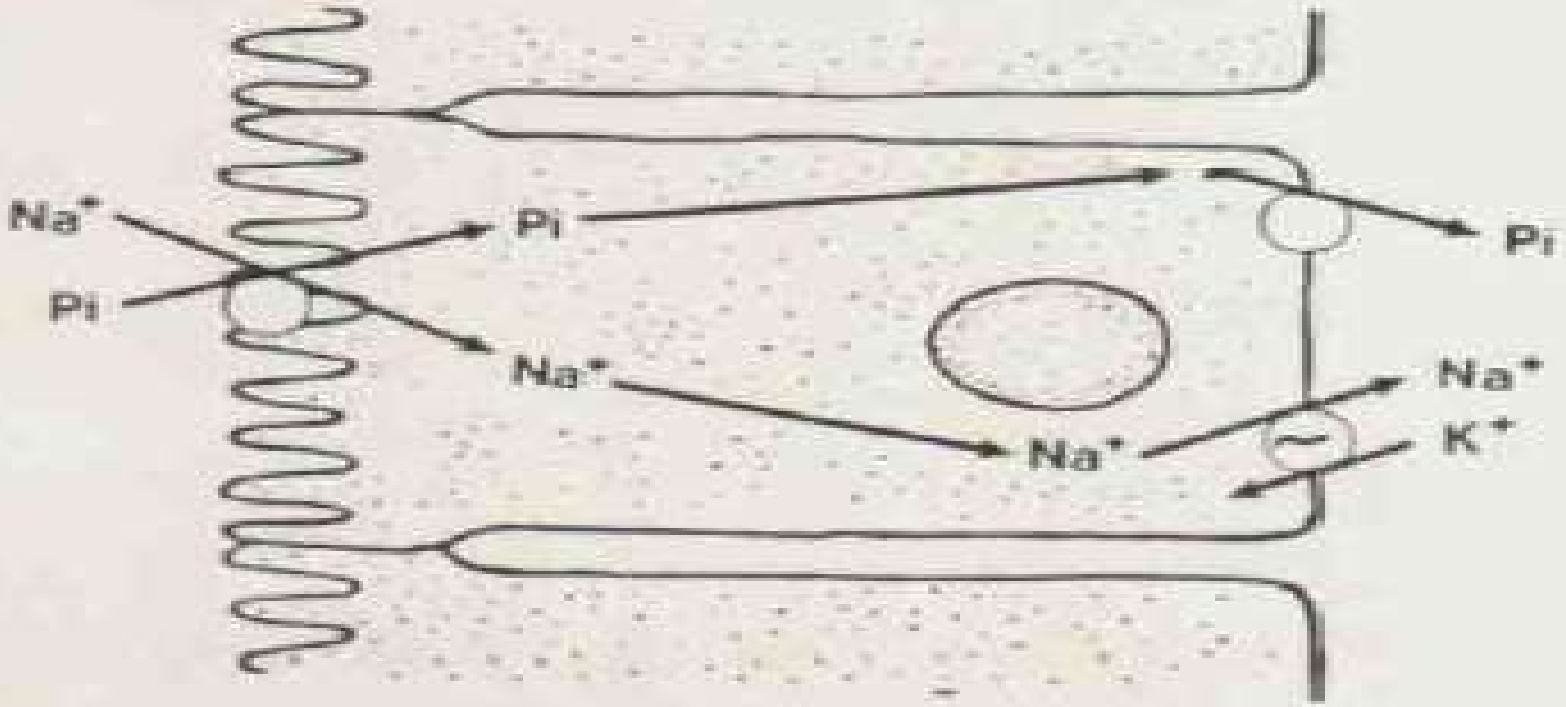
تاریخچه

- Brant (1669) شیمیدان هامبورگی فسفر را به حالت آزاد تهیه کرد.
- Gahn(1769) شیمیدان سوئدی فسفر را به عنوان مواد معدنی ضروری در استخوان معرفی کرد
-

جذب

- Harrison(1960) برای اولین بار انتقال فسفر را از جداره روده موش صحرائی در Invitro نمایش داد.
- آنها گزارش دادند که ویتامین D تحریک کننده انتقال فسفر میباشد.
- انتقال فسفر به Na وابسته میباشد.
- فسفراز نوع Orthophosohate به مقدار زیادی در Deudenum جذب می شود.

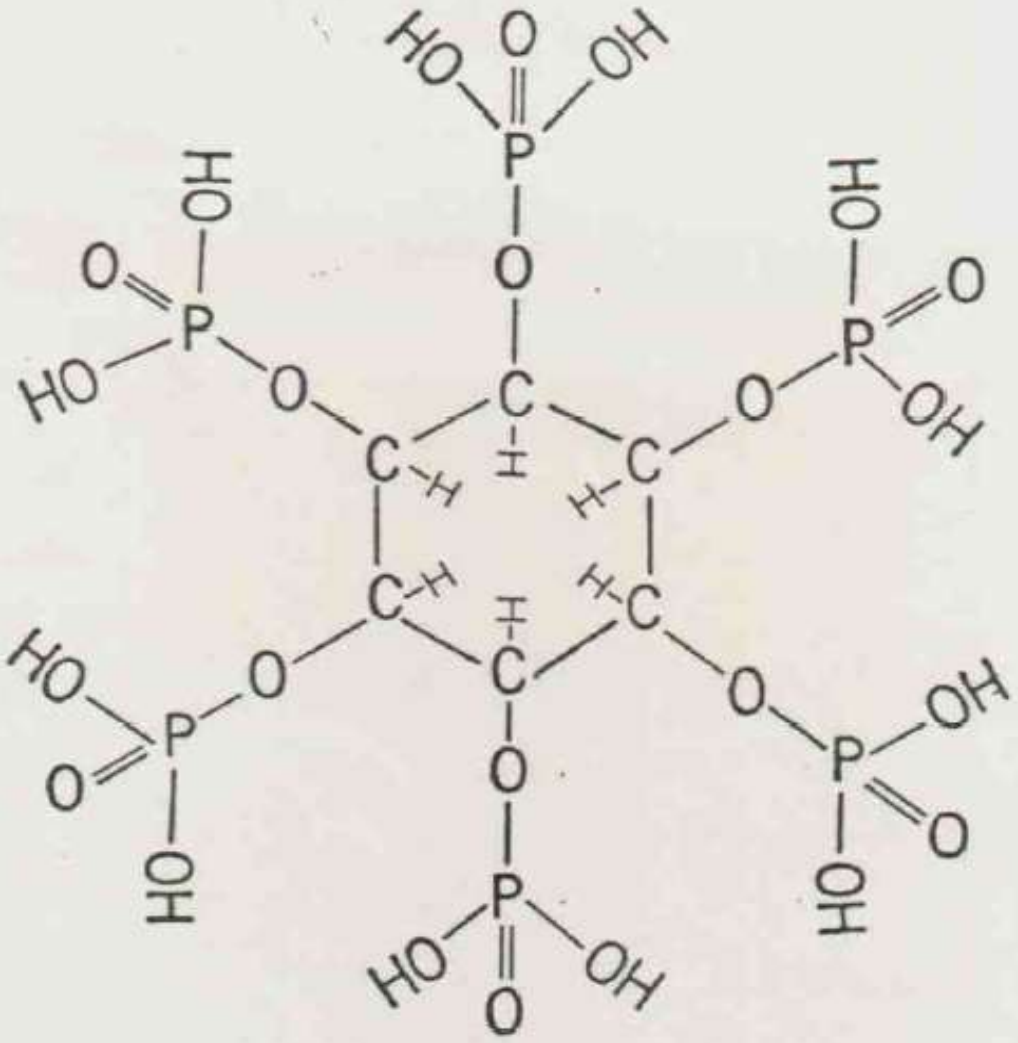
Figure 1. Model of phosphate transport. Phosphate (P_i) is transported uphill across the brush border of the intestinal cell by a Na^+-dependent process. P_i moves through the cell without entering the cytoplasmic P_i pool, and diffuses from cell to lamina propria, possibly by facilitative (mediated) diffusion. The low intracellular Na^+ concentration is maintained by Na.K extrusion pump on the basal-lateral membrane.



موارد موثر در جذب

- منبع تهیه کننده فسفر
- نسبت کلسیم به فسفر
- pH روده (محیط اسیدی جذب را بیشتر میکند)
- مقدار زیاد Ca, fe, Mg, Al باعث باند شدن با فسفر ورسوب آن میشود.
- فیتالت (Phytate) نوع فسفر ذخیره شده در دانه غلات بوده.
- مخلوطی از نمک myo-inositol و hexaphosphoric acide است.

Figure 2. Phytic Acid



Phytate, at pH 7.4 complexes with metals in the following decreasing order: Cu++ > Zn++ > Co++ > Mn++ > Fe++ > Ca++. The phytate content of some of the common feed ingredients is shown in Table 1.

- دو سوم الی سه چهارم فسفر موجود در غلات یا فراورده های آن (Protein supplement) از نوع فیتات می باشد.
  - برای استفاده فسفر توسط حیوان باید
    - myo-inositol از Orthophosohate جدا شود.
    - آنزیم فیتاز مورد نیاز می باشد.
- آنزیم فیتازدر روده جوجه خوک وحیوانات دیگر ایزوله شده
  - ولی معمولا مقدار آنزیم و محیط روده برای هیدرولیز فسفر مناسب نمی باشد.
- میکروبهای شکمبه میتوانند فسفر فیتات را هیدرولیز کنند.

Partition of Phosphorus in Feed Ingredients

Ingredient	Phosphorus, % Total	Phytate	Non-phytate	Non-phytate % Total P
Grains				
Corn	0.26	0.17	0.09	34
Barley	0.34	0.19	0.15	44
Milo	0.31	0.21	0.10	32
Oats, whole	0.34	0.19	0.15	44
Oats, hulled	0.45	0.35	0.10	22
Wheat	0.30	0.20	0.10	33
Grain by-products				
Corn gluten meal,60% protein	0.58	0.36	0.22	38
Corn meal, degermed	0.10	0.07	0.03	30
Corn distillers dried grain with solubles	0.77	0.33	0.44	57
Corn distillers dried solubles	1.43	0.10	1.33	93
Corn fermentation solubles	1.10	0.65	0.45	41
Rice bran	1.67	1.44	0.23	41
Rice polishings	2.72	2.42	0.30	14
Wheat bran	1.37	0.96	0.41	11
Wheat standard middlings	0.50	0.35	0.15	30
Protein supplements				
Cottonseed meal,50% protein	1.30	0.92	0.38	29
Cottonseed meal, solvent, 40% protein	1.07	0.75	0.32	30
Isolated soybean protein	0.80	0.48	0.32	40
Soybean meal,50% protein	0.61	0.37	0.24	39
Soybean meal,44% protein	0.66	0.38	0.28	42
Other				
Alfalfa meal,17% protein	0.23	<0.01	0.23	100

Adapted from Nelson *et al.* 1968.

Phytase Activity of Certain Cereals and Seeds

Ingredient	Phytic P split in 2 hr. by natural present phytase %
Wheat	100
Wheat bran	100
Rye	100
Barley	69-94
Maize	0-4
Oats	8
Soya-bean meal	0

Adapted from Mollgaard, 1946.

دفع فسفر

- در گلومرول کلیه ها فیلتر میشود ولی در تیوبیولها دوباره باز جذب می گردند.
  - دفع کلیوی کم درزمان جذب کم توسط روده ها
  - اسیدوز باعث افزایش دفع فسفر و کاهش فسفر پلاسما میگردد.
  - Glyco urea باعث کاهش باز جذب (20٪) فسفر می شود.
- عرق کردن وریزش مو باعث از دست رفتن مقدار کم فسفر بدن میشود.
  - مو دارای 13 mg% فسفر می باشد.
- طرق اصلی دفع فسفر
  - در گوشتخواران بیشتر در ادرار
  - در انسان در مدفوع و ادرار
  - در علفخواران در مدفوع

دفع از طریق مدفوع

- فسفر ترشح شده در اثنی عشر و فسفر جذب نشده در غذا
- بستگی به مقدار آن در خوراک، منبع آن و مقدار احتیاج آن توسط حیوان دارد.
- از دست دادن یا بدست آوردن فسفر به موازات از دست دادن یا به دست آوردن ازت می باشد.

فسفر بدن

- حدود 1٪وزن بدن
- فسفربدن
  - 85٪ در استخوانها و دندانها
  - 17٪ خاکستراستخوانها
  - 15/0-2/0٪ بافتهای نرم

- فسفر بافتهای نرم
  - Phosphoprotein
  - Nucleoprotein
  - Phospholipid
  - Creatinphosphate
  - Glucose-6-Phosphate
  - آنزیمها و غیره

A. Total plasma P 12.09

1. Acid insoluble organic (phospholipids) 8.06
2. Acid soluble 4.03
   a. Organic ester .31
   b. Inorganic 3.72
      (1) Pyrophosphate .009
      (2) Orthophosphate 3.71
         (a) protein bound .37
         (b) complexed .21
            $CaHPO_4$ .12
            $MgHPO_4$ .09
         (c) free 3.13
            $H_2PO_4^-$ .62
            $H\ PO_4^{--}$ 2.51

متابولیسم فسفر

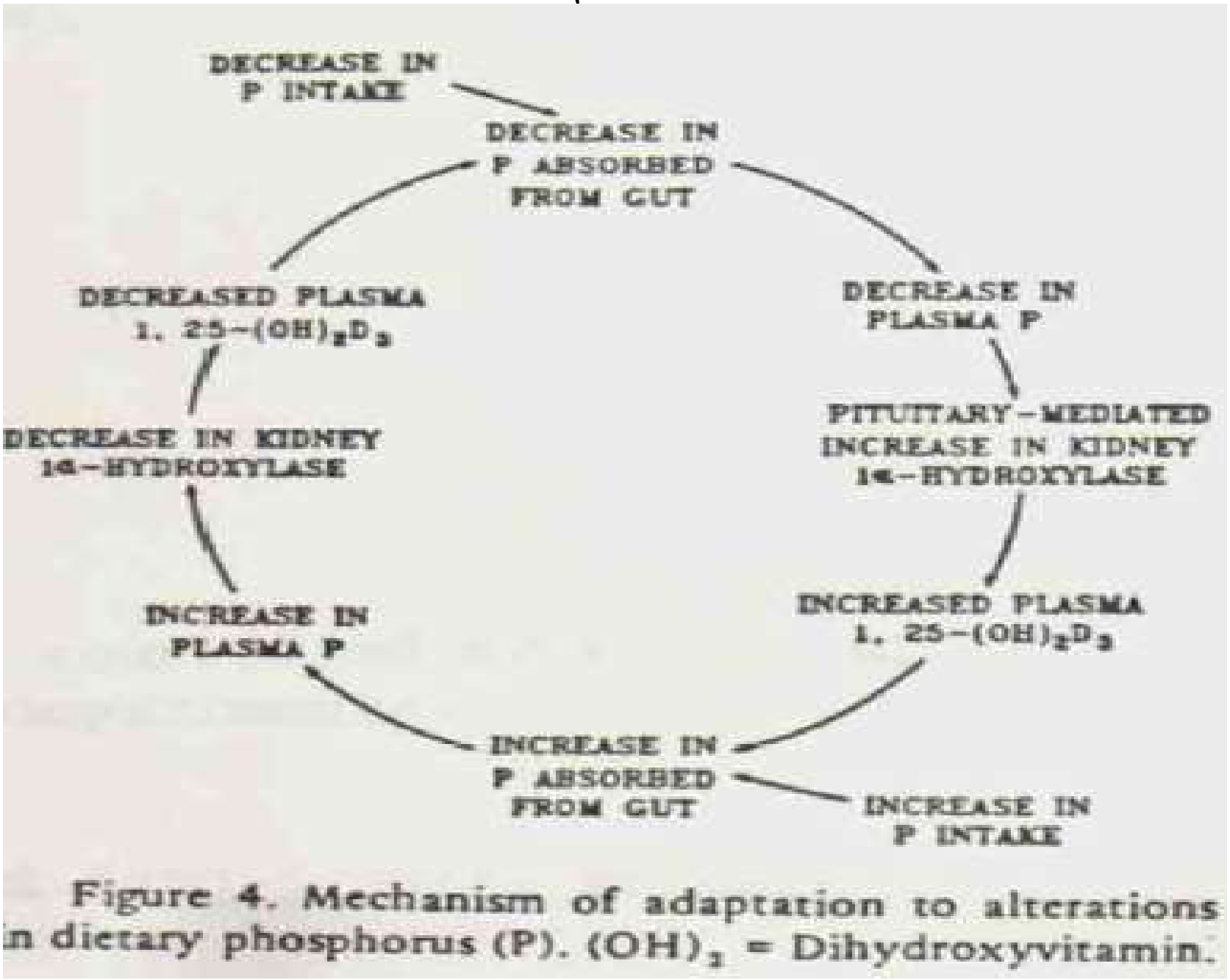


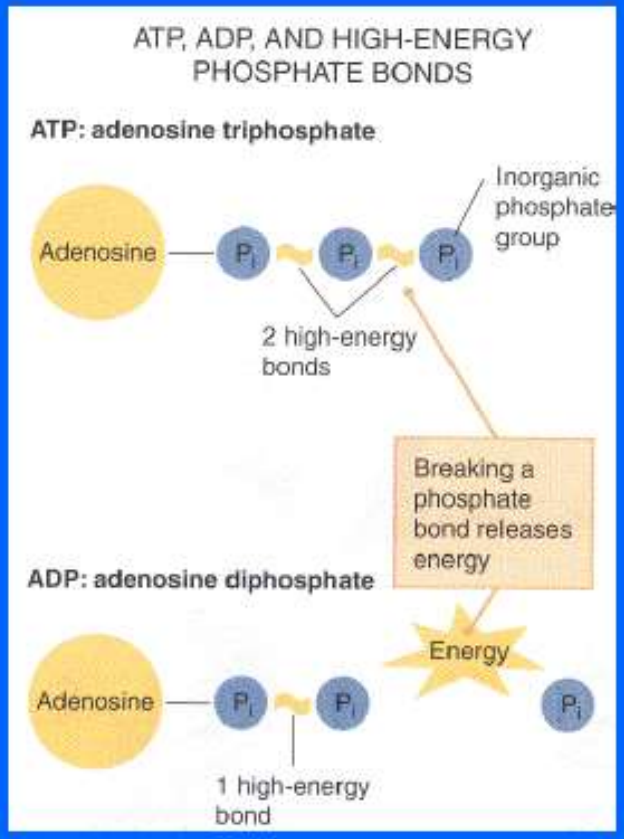
Figure 4. Mechanism of adaptation to alterations in dietary phosphorus (P). $(OH)_3$ = Dihydroxyvitamin.

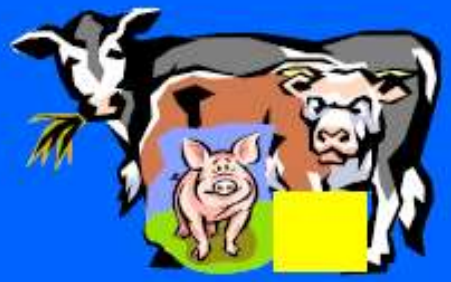
عمل فسفر

- بیش از هر مواد معدنی دیگر در کارهای بدن حیوان زنده دخالت دارد.
- از مهمترین اعمال فسفر
  - ضروری در ساخت استخوان و نگهداری آن
  - ضروری در ساخت دندانها.
  - ضروری در تولید شیر
  - ضروری در ساخت ماهیچه ها و تخم مرغ.
  - مهم در استفاده بهینه مواد غذائی.
  - از مواد تشکیل دهنده نوکلیک اسید (در انتقال وراثت ومتابولیسم سلولی)

Capturing energy from our food is done by forming high-energy P bonds.

- **Synthesis of proteins and other compounds in the body require energy obtained from food. Much of this energy is captured as ATP.**





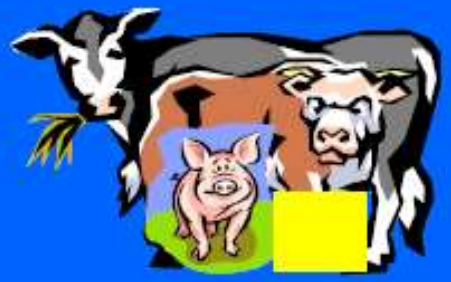
- با کمک مواد معدنی دیگر باعث ثابت نگهداشتن فشار اسمزی و بالانس کاتایون آنایون
- مهم در متابولیسم بدن
  - الف-استفاده برای تولید انرِژی (فسفوریله کردن Glucos-6-phosphate وTraiosphosphate) مهم درگلایکولیزز.
  - ب-تولید فسفولیپید
  - ج-متابولیسم آمینواسیدها وساخت پروتئینها
  - د-تحریک کننده خیلی از آنزیمها

علائم کمبود

- رشد کم
- کم شدن فسفر غیر آلی در پلاسما
- نرمی استخوان (P ricket) مسئله در ستون فقرات
- پوکی استخوان
- کم اشتهائی
- Pica
- کاهش تولید مثل در گاو و تخم گذاری در طیور
- ایجاد حالت عصبی در طیور

P Deficiency

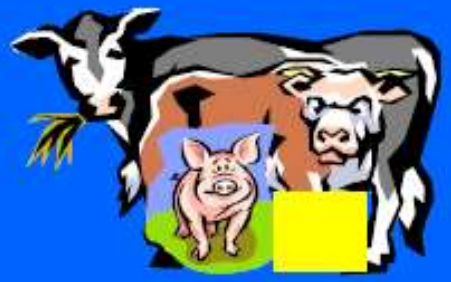
- Joint surface of a P-deficient cow.
- Note the severe erosion of the surface.



Pica in Phosphorus Deficient Cow

Pica is an appetite for objects not fit as food.

Cattle develop an appetite for bones, which often contain *Clostridium botulism*.



ارزش بیولوژیکی

Comparative Ratings of Phosphate Supplements and Other Feedstuffs

Compound	Biological Value
Reference Standard:	
Beta-tricalcium phosphate	100
Reagent Grade Chemicals:	
Monocalcium phosphate	120 - 135
Mono-disodium phosphates	115 - 125
Phosphoric acid	115 - 125
Dicalcium phosphate	95 - 100
Phytate phosphorus	2 - 10
Feed Grade Phosphates:	
Phosphoric acid	115 - 125
Mono-diammonium phosphates	115 - 125
Dicalcium-monocalcium phosphates	105 - 115
Defluorinated phosphate	95 - 100
Sodium tripolyphosphate	95 - 102
Bone meal	90 - 100
Low fluorine rock phosphate	55 - 75
Soft rock phosphate	25 - 35
Feedstuffs:	
Fishmeal	100
Meat and bone scraps	100
Poultry by-product meal	100
Dehy alfalfa meal	80
Corn gluten meal	35
Yellow corn	30
Soybean oil meal	25

Table 7. Bioavailability of Phosphorus in Feedstuffs for Chicks[1]

Ingredient	Phosphorus Bioavailability %
Corn[2,3,4]	21
Grain sorghum[2,3]	31
Oats[2]	36
Wheat[2,3,4]	45
Barley[4,5]	43
Wheat bran[6]	23
Rice bran[6]	18
Cottonseed meal[2]	42
Soybean meal[2,3]	34
Sunflower seed[7]	22
Single cell protein[8]	70
Alfalfa leaf protein[2]	77
Meat and bone meal[2]	99

[1]Based on slope-ratio analysis of bone strength or bone ash. Monosodium phosphate or monopotassium phosphate was the standard and was considered 100% available.

[2]Huang and Allee, 1981.

[3]Trotter and Allee, 1979b.

[4]Hays et al., 1979.

[5]Harrold et al., 1979.

[6]Corley et al., 1979.

[7]Harrold, 1981.

[8]Burns and Baker, 1976.

Table 6. Bioavailability of Phosphorus in Feedstuffs for Swine-University of Kentucky[1]

Ingredient	Phosphorus Bioavailability %
Corn[2,3,8]	12
Corn, pelleted[8]	12
Corn, high-moisture[8]	51
Oats[5]	23
Barley[3]	31
Wheat[2,6]	48
Wheat bran[5]	35
Wheat middlings[5]	34
Rice bran[9]	25
Soybean meal, dehulled[2,7,8]	25
Soybean meal, regular[7,8]	39
Cottonseed meal[4]	0
Peanut meal[9]	12
Fish meal[9]	102
Alfalfa meal[10]	100

[1]Based on slope-ratio of bone breaking strength. Monosodium phosphate was the standard and was considered 100% available.

[2]Miracle et al. (1977)

[3]Stober et al. (1979)

[4]Stober et al. (1980a)

[5]Stober et al. (1980b)

[6]Russell et al. (1980)

[7]Ross et al. (1982)

[8]Ross et al. (1983)

[9]Hew et al. (1982)

[10]Cromwell et al. (1983)

نیاز فسفرو کلسیم

CALCIUM AND PHOSPHORUS REQUIREMENTS AND RECOMMENDATIONS FOR MAN AND OTHER ANIMALS

Man (NRC, 1989)	Age (yrs)	Ca mg/day	P mg/day
Infants	0–0.5	400	300
	0.5–1.0	600	500
Children	1–3	800	800
	4–6	800	800
	7–10	800	800
Males	11–14	1200	1200
	15–18	1200	1200
	19–24	1200	1200
	25–50	800	800
	51-	800	800
Females	11–14	1200	1200
	15–18	1200	1200
	19–24	1200	1200
	25–50	800	800
	51-	800	800
Pregnant		1200	1200
Lactating – 1st 6 months		1200	1200
– 2nd 6 months		1200	1200

Dairy Cattle (NRC, 1988)	Ca % of diet	P % of diet
Calf milk replacer	.70	.50
Calf starter-concentrate	.60	.42
Growing cattle	.29–.52	.23–.31
Mature bulls	.32	.29
Dry cows	.37	.26
Lactating cows		
Milk 7–13 kg	.43	.28
13–27 kg	.51	.33
20–40 kg	.58	.37
26–53 kg	.64	.41
33–67 kg	.66	.41
Early Lact.	.80	.47

Horses (NRC, 1973)		
Mares – gestating	.33–.39	.25–.29
Mares – lactating	.47–.61	.36–.41
Mature – working	.19–.26	.14–.19
Mature – idle	.26–.35	.20–.26
Growing		
200–400 kg (mature wt.)	.29–.78	.20–.48
500–600 kg (mature wt.)	.34–1.01	.25–.63

Sheep (NRC, 1985)		
Ewes – Maintenance	.20	.20
– Flushing	.32	.18
– Gestation	.25–.40	.20–.24
– Lactation	.32–.39	.26–.29
Ewe Lambs – Gestation	.35–.48	.22–.25
– Lactation	.30–.37	.22–.26
Growth – Lambs	.30–.53	.16–.22
Finishing – Lambs	.35–.51	.19–.24

Beef Cattle (NRC, 1984)	Ca % of diet	P % of diet
Growing – Finishing Steer Calves	.19–1.16	.17–.47
Medium – Frame		
300 lb. 0.5 lb. gain	.31	.20
300 lb. 1.0 lb. gain	.45	.24
300 lb. 2.0 lb. gain	.72	.32
300 lb. 3.0 lb. gain	1.13	.47
1,000 lb. 0.5 lb. gain	.21	.18
1,000 lb. 3.0 lb. gain	.32	.22
Large – Frame		
300 lb. 0.5 lb. gain	.30	.19
300 lb. 2.0 lb. gain	.70	.30
300 lb. 3.5 lb. gain	1.16	.45
Bulls	.21–1.53	.19–.59
Medium – Frame		
300 lb. 0.5 gain	.31	.20
300 lb. 2.0 gain	.76	.36
300 lb. 3.5 gain	1.24	.48
Heifers		
Medium – Frame	.20–.74	.18–.33
Large – Frame	.19–.86	.18–.35
Pregnant Yearling Heifers	.19–.29	.19–.22
Dry Pregnant Mature Cows	.17–.27	.17–.21
Two-year Old Heifers Nursing Calves	.31–.36	.23–.24
Cows		
Average Milking Ability	.27–.30	.22
Superior Milking Ability	.35–.48	.26–.31
Bull		
Maintenance	.20–.26	.19–.22

Calcium and phosphorus requirements

Poultry (1984 NRC)	Ca % of diet	P (available % of diet)
Chickens		
Growing 0 - 6 wks	.80	.40
Growing 6 - 14 wks	.70	.35
Growing 14 - 20 wks	.60	.30
Laying	3.40	.32
Breeding	3.40	.32
Turkeys		
Growing 0 - 4 wks	1.2	.60
Growing 4 - 8 wks	1.0	.50
Growing 8 - 12 wks	.85	.42
Growing 12 - 16 wks	.75	.38
Growing 16 - 20 wks	.65	.32
Holding	.50	.25
Breeding	2.25	.35

Swine (NRC, 1988)	Ca % of diet	P % of diet	Available P % of diet
Growing - Finishing			
1-5 kg	.90	.7	.55
5-10 kg	.80	.65	.40
10-20 kg	.70	.60	.32
20-50 kg	.60	.50	.23
50-110 kg	.50	.40	.15
Boars, bred gilts & sows	.75	.75	.35
Lactating gilts & sows	.75	.60	.35

مسمومیت

- فسفر اضافی در مقایسه با کلسیم می تواند باعث Urolithiasis (urinary calculi) شود.
- فسفر زیاد در مقایسه با Ca ایجاد اختلالات استخوانی زیر میشود.
- Osteodytrophia (تحلیل استخوانها)
- Nutritional secondary hyperparathyroidism
- Osteomalacia (audlt ricket)
- Osteoperosis
- Big head disease

- تغذیه غذای دارای 1.2%فسفر و 12%. Ca باعث از بین رفتن استخوانها ودندانها در سگ شد.
- در موش وموش صحرائی فسفر زیاد باعث تحلیل استخوانها با دخالت هورمون پاراتیروئید شد.
- فسفر زیاد باعث رسوب Ca در بافتهای نرم مانند کلیه ها شکم ورگها شد.
- در صورت وجود کلسیم به اندازه کافی در غذای حیوان حد اکثر قابلیت حیوان به قرار زیر می باشد.
- گاو 1٪ طیور 1٪
- گوسفند 6/.٪ اسب 8/.٪
- خوک 1.5٪ خرگوش 1٪ ا

دسترسی بیولوژیکی مواد معدنی

- مقدار ماده معدنی که در حقیقت مورد استفاده بدن قرار گیرد
- میتوان با در نظر گرفتن مقدار مواد معدنی ذخیره شده (Retained) در بدن یا دخالت آن مواد در ساخت یک بافت یا یک ماده مخصوص در بدن اندازه گیری میشود.
- همچنین می توان با عکس العمل بدن در قبال استفاده از آن مواد معدنی محاسبه کرد
- معمولا برای اندازه گیری قابلیت دسترسی استفاده از یک منبع شناخته شده آن مواد معدنی به عنوان استاندارد الزامی است.
  - به همین دلیل به آ ن دسترسی نسبی بیولوژیکی می گویند.

- دو فرمول می توان برای اندازه گیری قابلیت نسبی دسترسی بیولوژیکی استفاده نمود.
- برای مثال در مورد آهن منبع استاندارد سولفات آهن

- قابلیت نسبی دسترسی بیولوژیکی =100 X ---------- **مقدار PPm آهن در سولفاتی که باعث عکس العمل هیموگلوبین خون شده** / **مقدار PPM آهن موجود در یک منبع آزمایشی که همان عکس العمل را در هیموگلوبین باعث شده**

---------- **اضافه شدن عکس العمل هیموگلوبین در قبال اضافه کردن یک مقدار PPM آهن در مواد مورد آزمایش** = 100 X قابلیت نسبی دسترسی بیولوژیکی

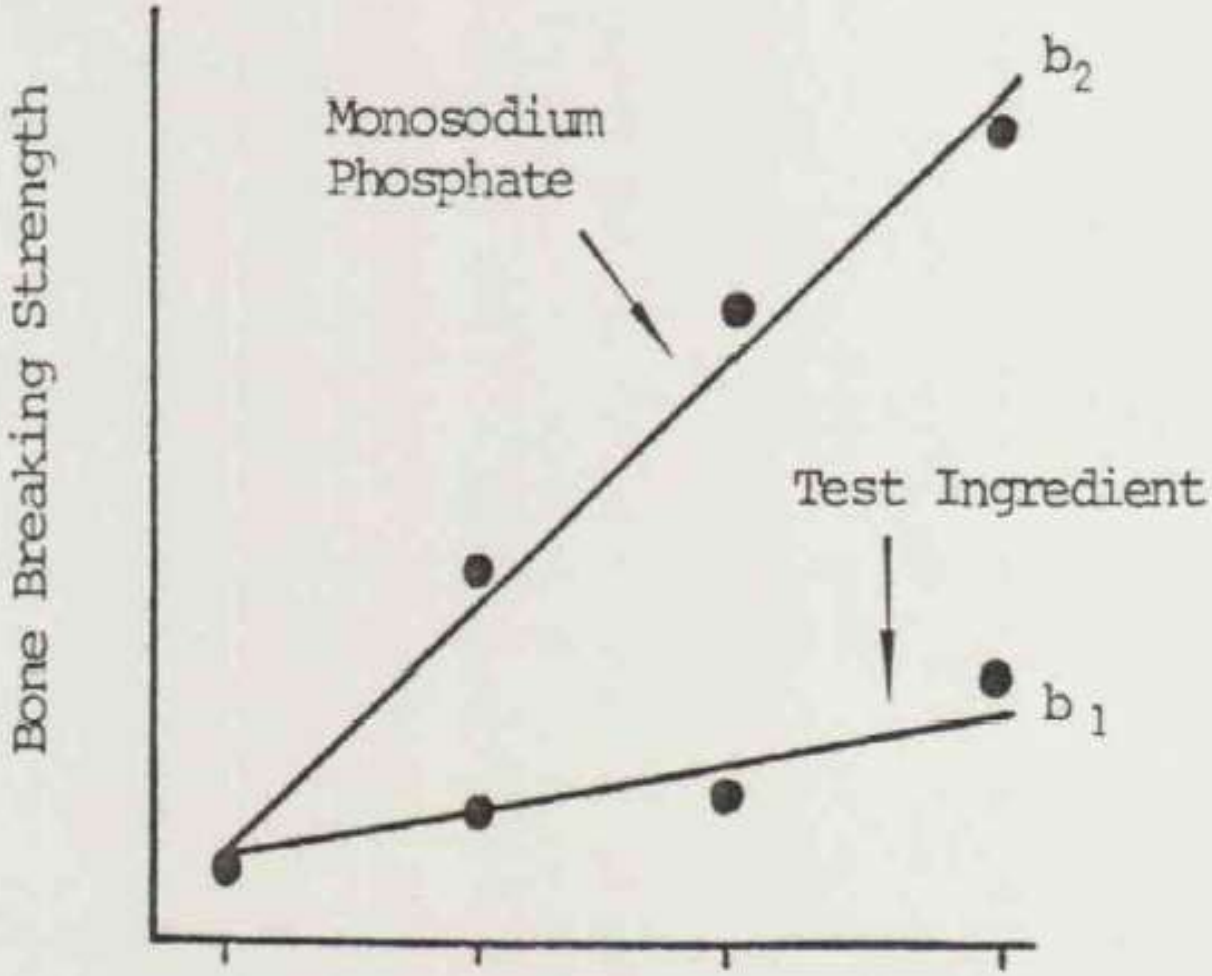
اضافه شدن عکس العمل هیموگلوبین در قبال همان PPM آهن اضافی در استاندارد

شرایط لازم برای قابل قبول بودن دو روش بالا

- در جیره پایه حتی الامکان باید مواد معدنی مورد آزمایش نداشته باشد.
- عکس العمل اندازه گیری شده فقط باید بخاطر مواد معدنی مورد آزمایش باشد.
- عکس المل حاصل شده باید خطی باشد.
- اضافه کردن مواد معدنی نباید در مصرف یا فاکتور مهم دیگر موثر باشد. در صورت مؤثر بودن از ضریب تصحیح باید باید استفاده شود.

Slop-Ratio

- Cromwell در یک آزمایش با استفاده از قدرت شکنندگی استخوان میزان دسترسی بیولوژیکی فسفر را در خوک بدست آورد.



$$\text{Relative Bioavailability} = \frac{b_1}{b_2} \cdot 100$$

Figure 1. Slope-ratio procedure for determining the bioavailability of phosphorus in feedstuffs.