پروتیینها

- گروهي از مواد غذايي كه بيشترين تحقيقات روي آنها انجام شده پروتئين‌ها هستند.
- اگرچه مقدار زيادي از اطلاعات درباره احتياجات پروتئيني و متابوليسم آنها دانسته شده، موارد زيادي هنوز نياز به تحقيق دارد.
- از مواردي كه نياز به تحقق دارد ساخت پروتئين در invivo و turnover پروتئين ميباشد.

خصوصيات پروتئينها

- الف – تركيب پروتئينها
  - پروتئينها پلي‌مر اسيدهاي آمينه هستند

ساختمان اسيدهاي امينه–

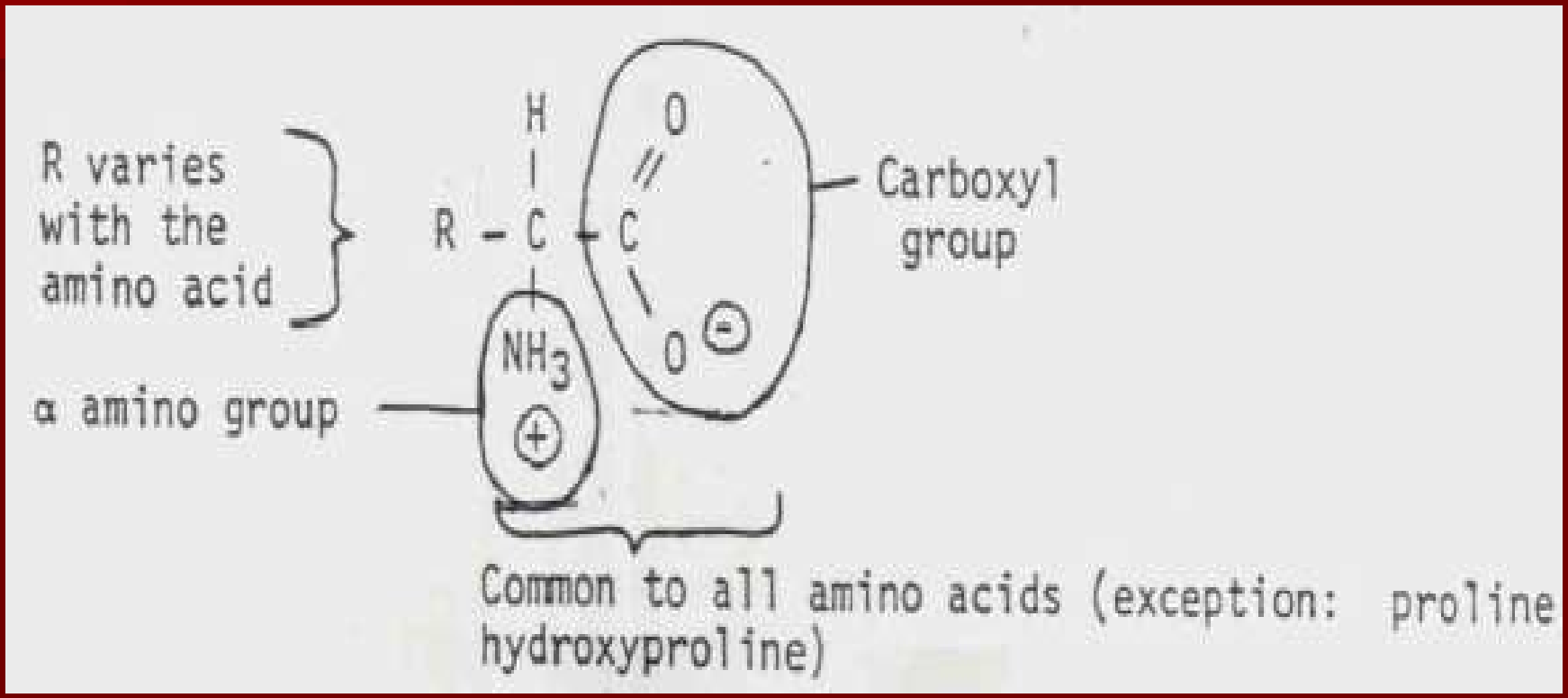
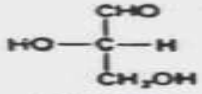
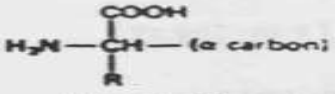


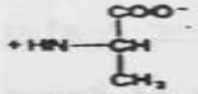
Table 17–1 Nonessential and essential amino acids for humans and the albino rat

Nonessential	Essential
Alanine	Arginine*
Asparagine	Histidine
Aspartate	Isoleucine
Cysteine	Leucine
Glutamate	Lysine
Glutamine	Methionine
Glycine	Phenylalanine
Proline	Threonine
Serine	Tryptophan
Tyrosine	Valine

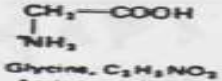
* Essential in young, growing animals but not in adults.

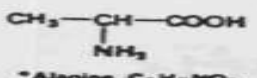

L-glycerose

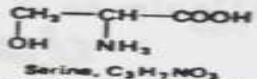

L-amino acid

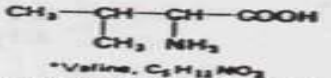

L-alanine (Zwitter ion)

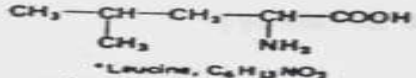
A. Monoamino-monocarboxylic acids (neutral)

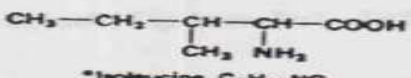

Glycine, $C_2H_5NO_2$
Amino-acetic acid

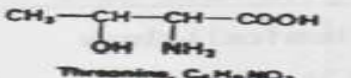

*Alanine, $C_3H_7NO_2$
α-Amino-propionic acid


Serine, $C_3H_7NO_3$
α-Amino-β-hydroxypropionic acid

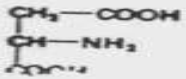

*Valine, $C_5H_{11}NO_2$
α-Amino-β-methyl-butyric acid

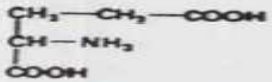

*Leucine, $C_6H_{13}NO_2$
α-Amino-γ-methyl-valeric acid


*Isoleucine, $C_6H_{13}NO_2$
α-Amino-β-methyl-valeric acid

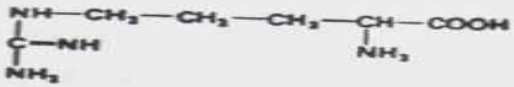

Threonine, $C_4H_9NO_3$
α-Amino-β-hydroxybutyric acid

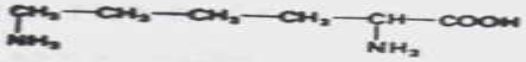
B. Monoamino-dicarboxylic acids (acidic)

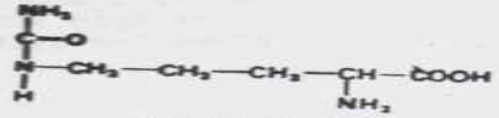

Aspartic acid, $C_4H_7NO_4$
Amino-succinic acid


Glutamic acid, $C_5H_9NO_4$
α-Amino-glutaric acid

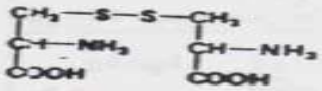
C. Diamino-monocarboxylic acids (basic)

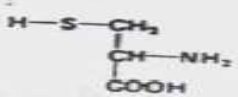

Arginine, $C_6H_{14}N_4O_2$
α-Amino-δ-guanidine-valeric acid


Lysine, $C_6H_{14}N_2O_2$
α-ε-Diamino-caproic acid


Citrulline, $C_6H_{13}O_3N_3$
δ-Carbamido-α-amino-valeric acid

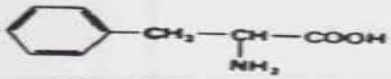
D. Sulfur-containing amino acids

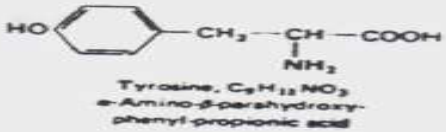

Cystine, $C_6H_{12}N_2O_4S_2$
Di-α-Amino-β-thio-propionic acid)

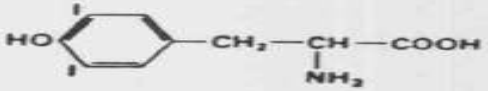

Cysteine, $C_3H_7NO_2S$
α-Amino-β-thio-propionic acid

*Methionine, $C_5H_{11}NO_2S$
α-Amino-γ-methylthio-butyric acid

II. Aromatic amino acids

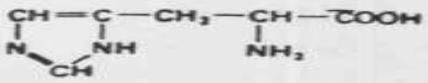

*Phenylalanine, $C_9H_{11}NO_2$
α-Amino-β-phenyl-propionic acid

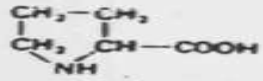

Tyrosine, $C_9H_{11}NO_3$
α-Amino-β-parahydroxy-phenyl-propionic acid

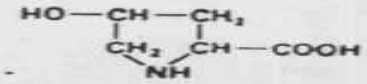

Diiodotyrosine

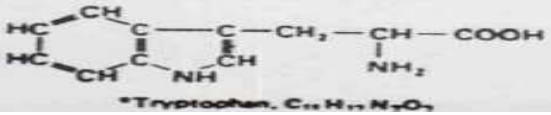
Thyroxine

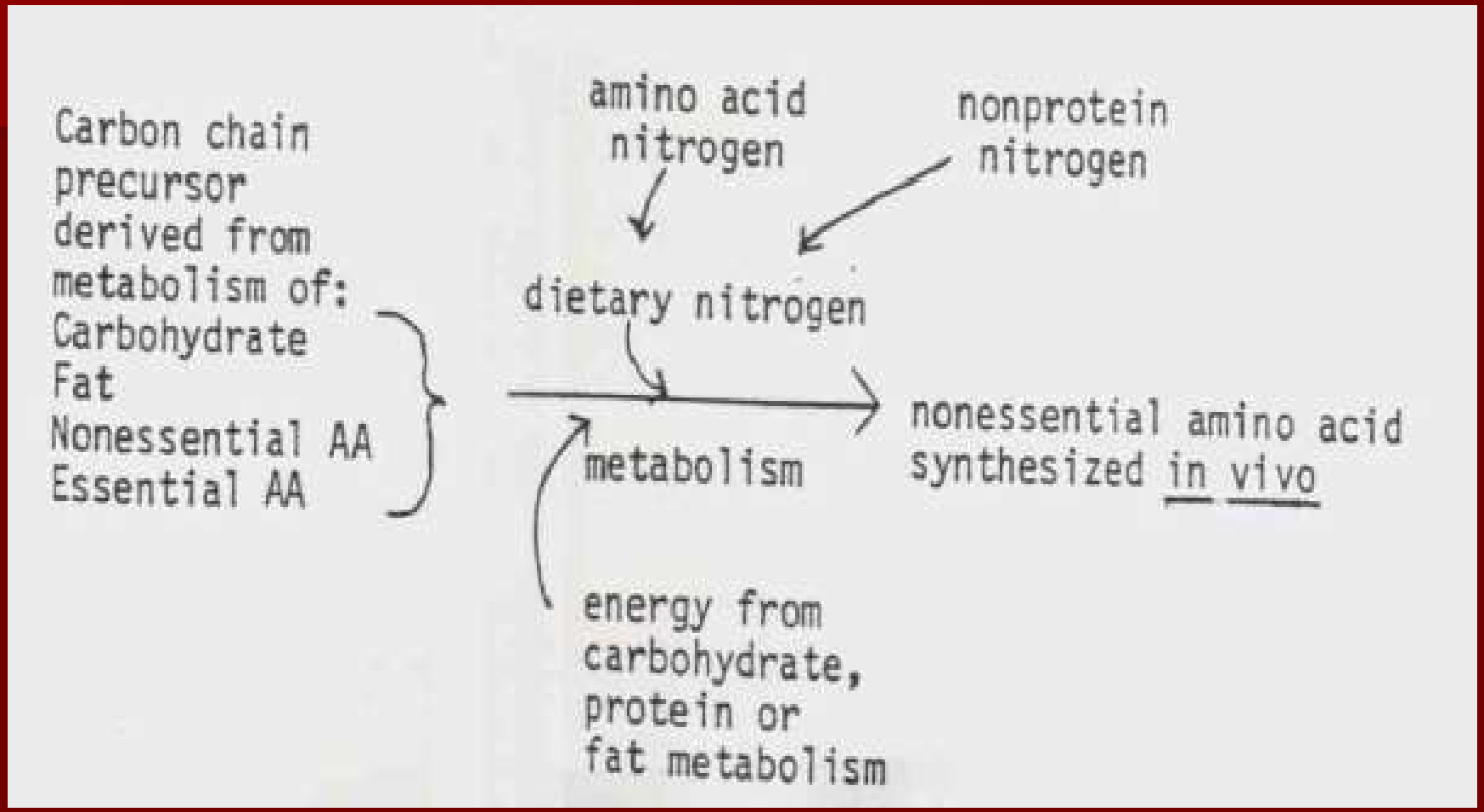
III. Heterocyclic amino acids


Histidine, $C_6H_9N_3O_2$
α-Amino-β-imidazole-propionic acid

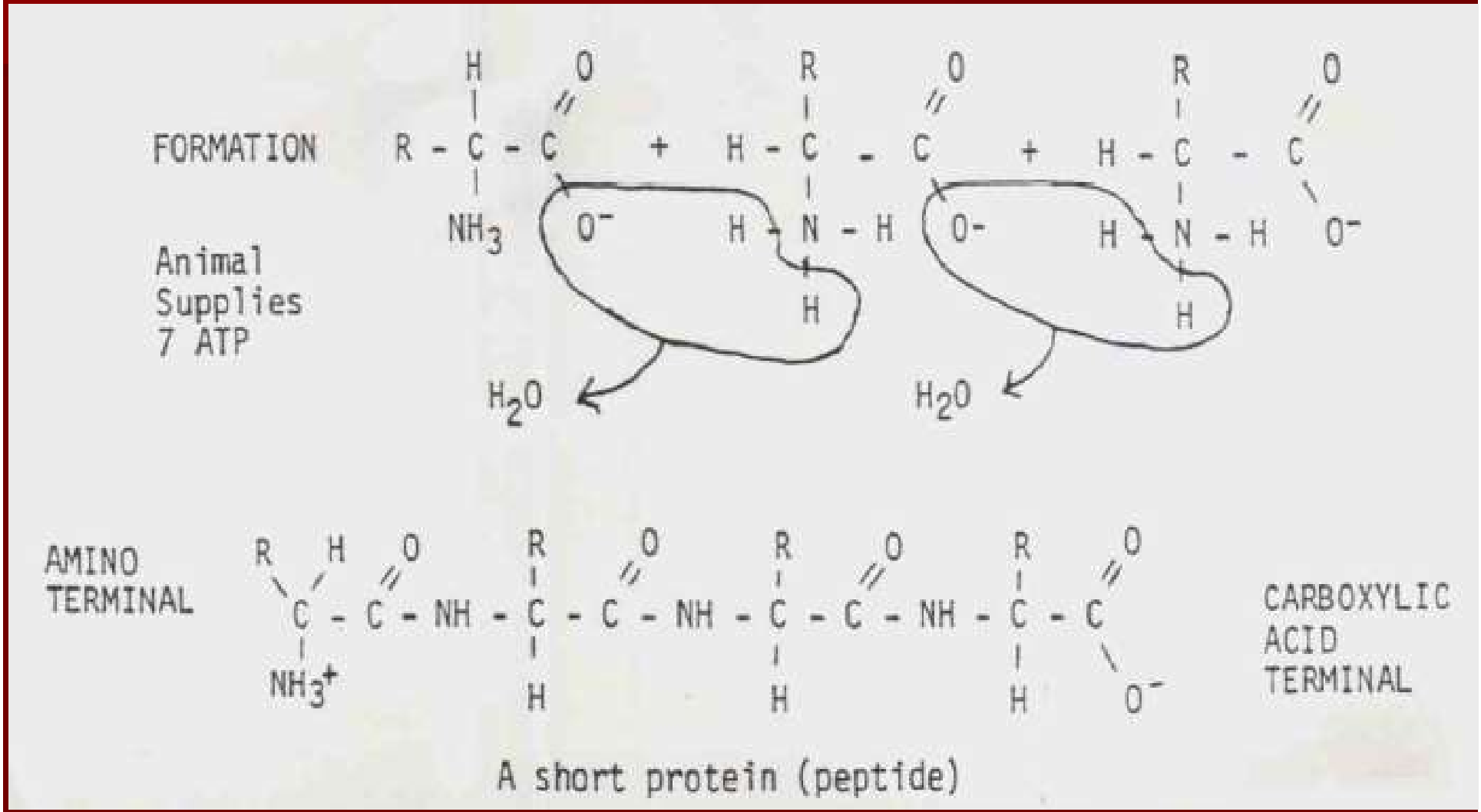

*Proline, $C_5H_9NO_2$
Pyrrolidine-α-carboxylic acid


Hydroxyproline, $C_5H_9NO_3$


*Tryptophan, $C_{11}H_{12}N_2O_2$


Carbon chain precursor derived from metabolism of:
Carbohydrate
Fat
Nonessential AA
Essential AA
amino acid nitrogen
nonprotein nitrogen
dietary nitrogen
metabolism
nonessential amino acid synthesized in vivo
energy from carbohydrate, protein or fat metabolism

پروتئینها از Condensation یا متراکم شدن اسیدهای آمینه تولید میشود.
تشکیل یک باند Peptid در بافتهای حیوانی نیاز به حدود 20 واکنش شیمیائی اصلی
و صدها واکنش حمایت کننده دارد.



منابع پروتیینها

- همه غذاهای موجود در طبیعت دارای مقداری پروتیین است اگر چه این مقدار در غذاهای مختلف متفاوت است.

	% Dry Matter	% Protein As Is Basis	% Protein Per Unit Dry Matter	Quantity of Feed Required to Consume 1 lb. of Protein "Dry Base"
Corn Grain	86.5	8.6	9.9	10.1
Alfalfa Hay	91	17.1	19.4	5.2
Corn Silage	30.0	2.3	7.7	13.0
Soybean Meal	90.0	44.0	48.9	2.0
Casein	90.0	81.8	90.0	1.1

منابع اسیدهای آمینه

- مقدار پروتیین مواد غذایی با هم متفاوت است ولی اسیدهای آمینه آنه دار ای تفاوت بیشتر است.

	CORN GRAIN	CORN GLUTEN MEAL	ALFALFA HAY	SOYBEAN MEAL	COTTONSEED MEAL	WHEAT GRAIN	FISH MEAL
% Protein Dry Base	10.0	47.0	19.0	57.0	44.0	16.0	66.6
AA Composition as a % of Protein *							
Phenylalanine	4.5 (.45)	6.0 (2.9)	4.2 (.8)	3.9 (2.2)	5.3 (2.3)	4.4 (.70)	4.1 (2.7)
Valine	4.0 (.36)	5.0 (2.2)	5.0 (.9)	4.2 (2.4)	4.7 (2.1)	3.8 (.60)	5.4 (3.6)
Trytophan	1.0 (.09)	.43 (.2)	2.1 (.4)	1.0 (.6)	1.5 (.65)	1.1 (.18)	.9 (.6)
Threonine	4.0 (.36)	3.0 (1.4)	4.0 (.8)	3.0 (1.7)	3.4 (1.5)	2.6 (.42)	4.4 (2.9)
Isoleucine	4.5 (.45)	4.9 (2.3)	3.7 (.7)	4.4 (2.5)	3.6 (1.6)	4.4 (.70)	6.2 (4.1)
Methionine	1.0 (.09)	2.1 (1.0)	1.0 (.2)	1.0 (.6)	1.5 (.65)	1.3 (.20)	2.7 (1.8)
Histidine	2.0 (.18)	2.1 (1.0)	2.1 (.4)	1.9 (1.1)	2.5 (1.1)	1.9 (.30)	2.4 (1.6)
Arginine	4.5 (.45)	3.0 (1.4)	3.7 (.7)	5.6 (3.2)	9.8 (4.3)	4.4 (.70)	6.0 (4.0)
Lysine	2.0 (.18)	1.7 (.8)	4.2 (.8)	5.1 (2.9)	3.9 (1.7)	2.8 (.45)	7.5 (5.0)
Leucine	10.0 (.99)	16.2 (7.6)	6.8 (1.3)	6.0 (3.4)	5.7 (2.5)	5.6 (.9)	7.5 (5.0)
Nonessential	62.5	55.6	63.2	63.9	58.1	67.7	52.4
Quantity of Protein Required for Growing Pig to Consume 1 gram Lysine	50	58	23	19	25	35	12
Quantity of Feed Required (g) for Growing Pig to Consume 1 gram Lysine	555	125	128	34	58	222	18

*Numbers in parentheses are amino acid concentrations as a % of the feedstuff (DM basis).
Numbers not in parentheses represent amino acid concentrations as a % of the ~~feed~~ (DM basis).

پروتیین خام

- دارای ازت از منابع زیر باشد.
- ازازت غیر پروتیینی (NPN)
- نوکئیک اسیدها و اوره
- ازاسیدهای آمینه غیر ضروری
- ازاسیدهای آمینه ضروری
- ازمخلوطی از همه موارد گفته شده در با لا

پروتیین حقیقی

- این پلی مر اسید های امینه ممکن است دارای ازت از منابع زیر باشد.
- از اسیدهای آمینه غیر ضروری
- از اسیدهای آمینه ضروری
- و از مخلوطی از هر دو

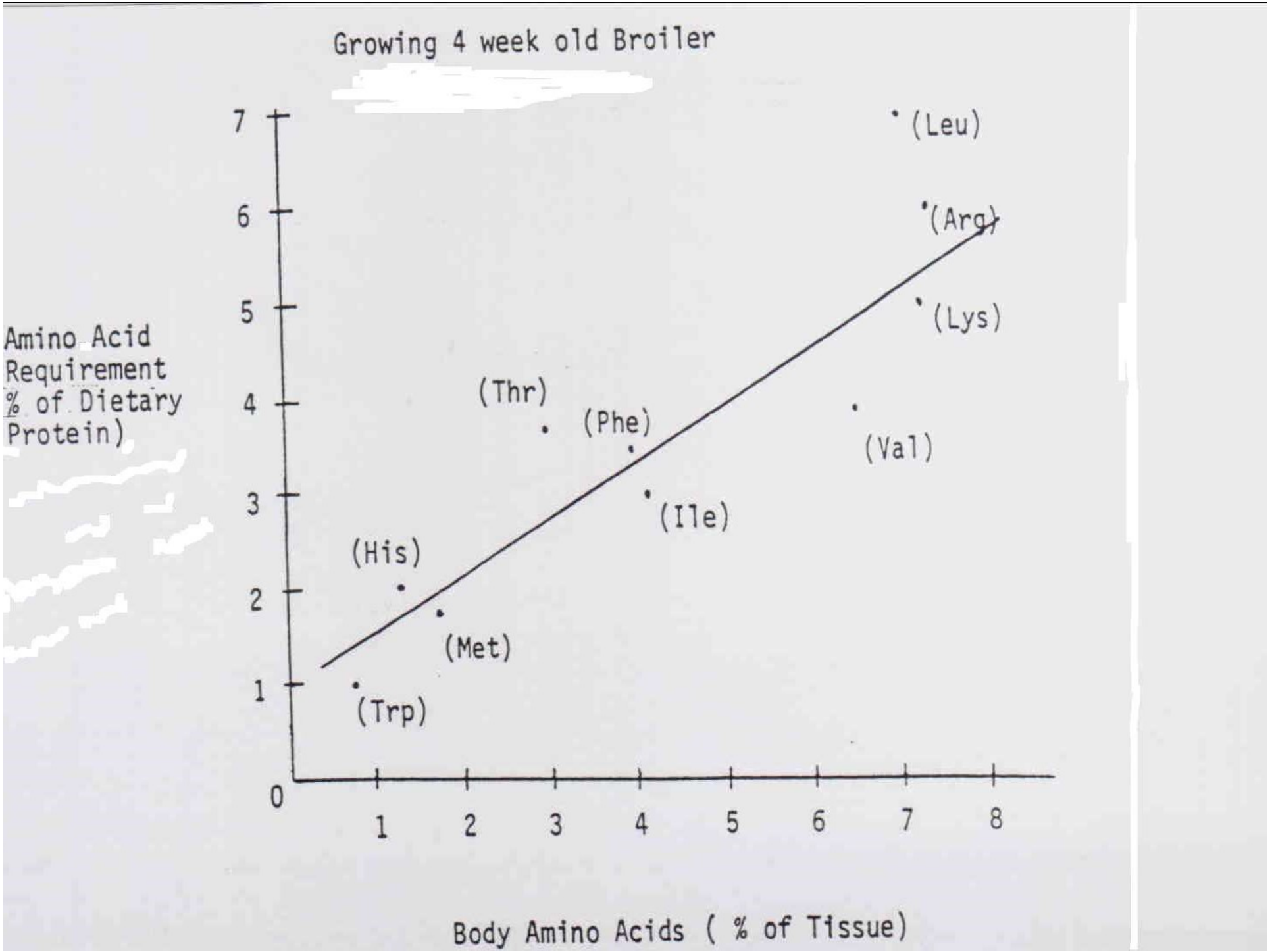
نیاز اسیدهای آمینه توسط حیوانات

- الف -اسیدهای آمینه مورد نیاز حیوانات به دو گروه نقسیم میگردند.
- اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری
- این تقسیم بندی بنا به توانایی حیوان برای ساخت اسیدهای آمینه مخصوص در بدن حیوان (In VIVO) میباشد.

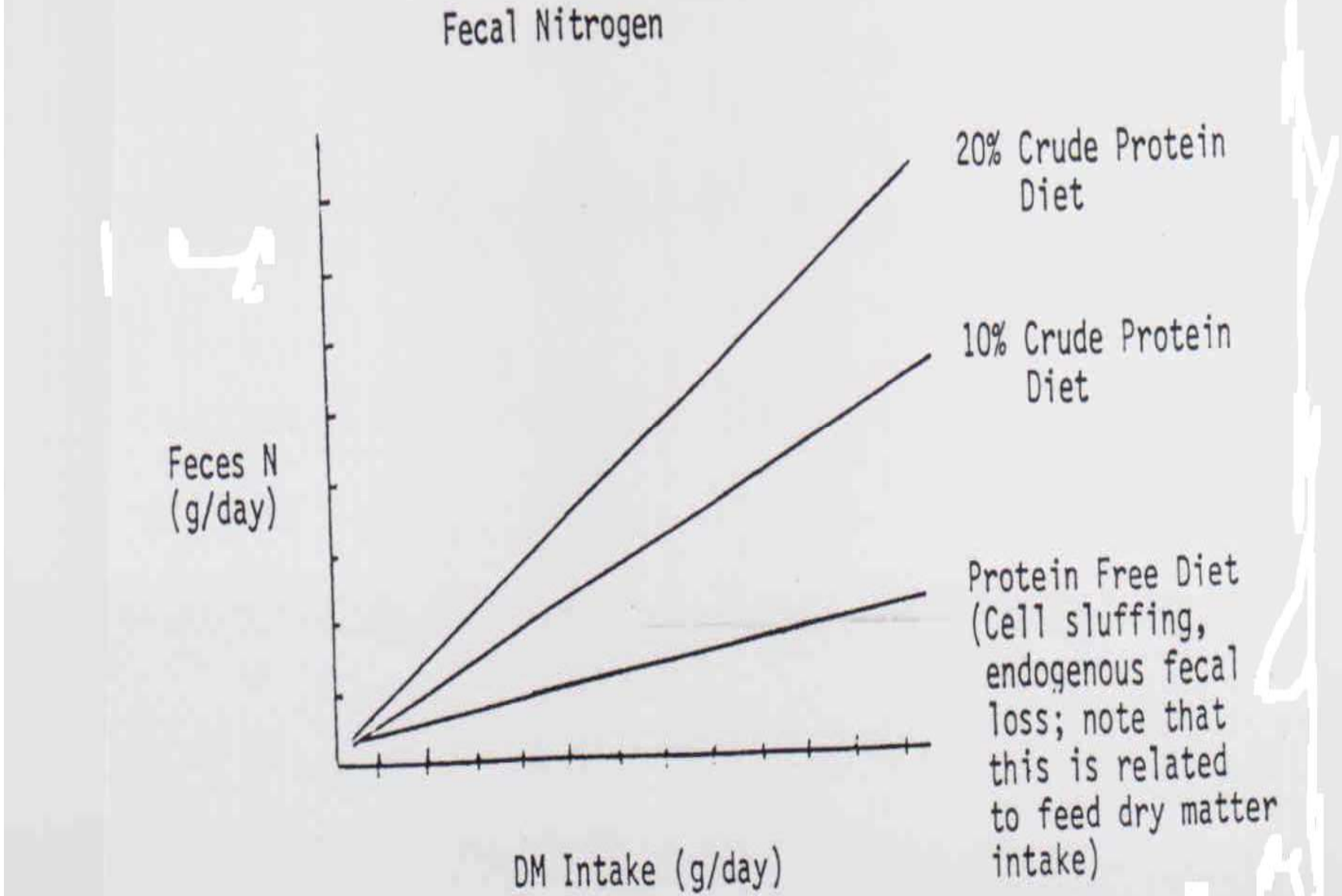
Amino Acids Considered to be Essential

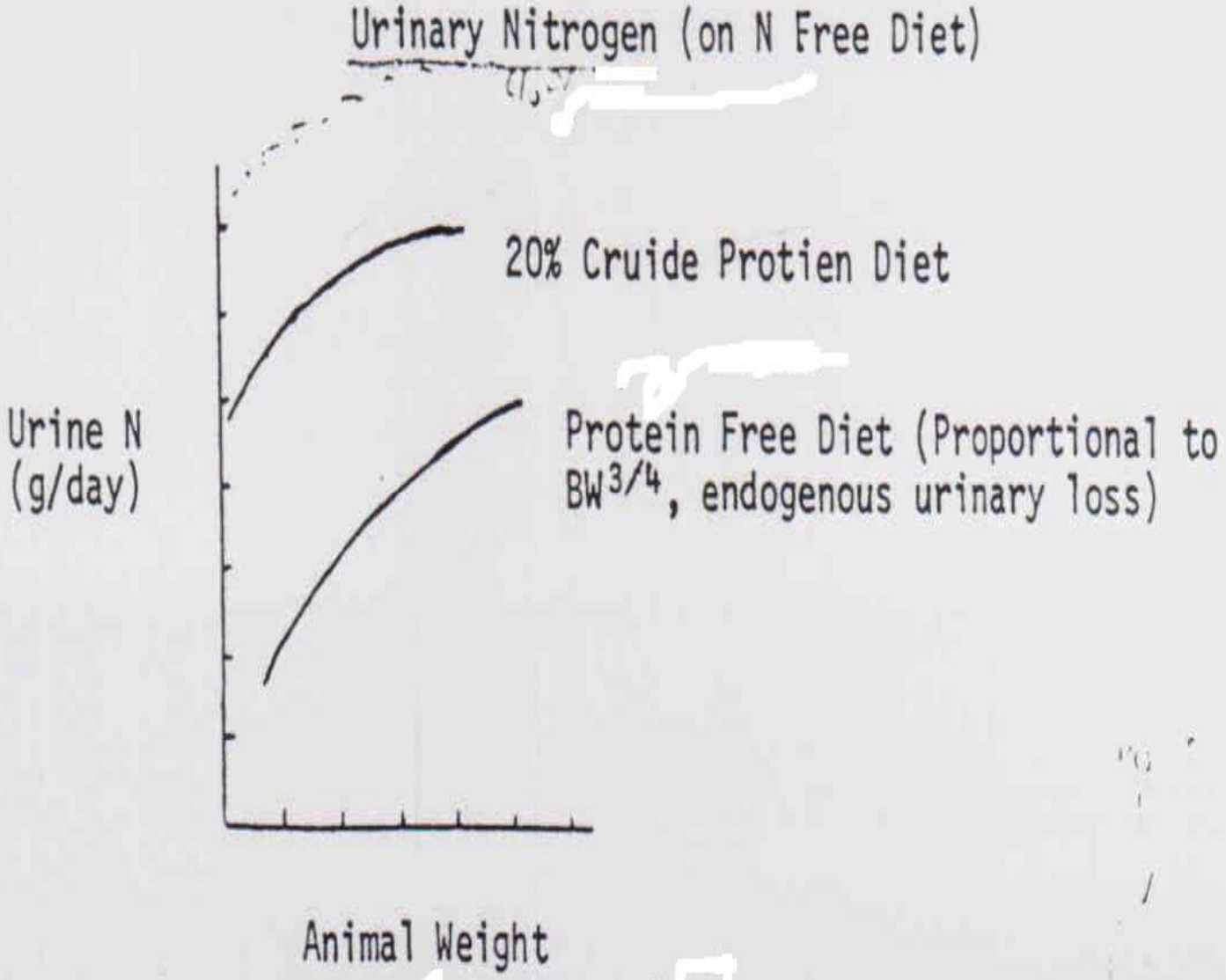
	Growing Poultry	Growing Swine	Growing Equine	Growing Beef Cattle	Growing Lamb
Essential Amino Acids AA not synthesized <u>in vivo</u>	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	? Normally considered to be the same as swine.	?
Partial systhesis <u>in vivo</u>	Tyrosine Cystine Hydroxylysine Glycine or Serine	Tyrosine Cystine	?	?	?

- ب- اسیدهای آمینه ضروری برای ساخت پروتیین ها برای حیوان لازم است.
- مقدار و ترکیب اسیدهای آمینه مورد نیاز برای حیوانات در حال رشد رابطه نزدیکی با مقدار و ترکیب انها در بدن حیوانات دارند


Growing 4 week old Broiler
Amino Acid Requirement % of Dietary Protein)
Body Amino Acids (% of Tissue)
(Leu)
(Arg)
(Lys)
(Thr)
(Phe)
(Val)
(Ile)
(His)
(Met)
(Trp)
0
1
2
3
4
5
6
7
8

- هر چه پروتیین بیشتر توسط حیوان ساخته یا در بدن نگاه داشته شود، اسیدهای آمینه بیشتری مورد نیاز می باشد.
- حیوان های جوان برای نگهداری و رشد نیاز به ساخت پروتیین دارند
- حیوان های بالغ (به غیر از وقتی که تولید می کنند) پروتیین سازی را بیشتر برای نگهداری خود نیاز دارند
- مقداری پروتیین (اسیدهای آمینه) فقط برای نگهداری حیوان لازم است.
- باید توجه داشت که هنگامی که حیوان غذای بدون پروتیین مصرف می کند، به هر حال آن حیوان مقداری پروتیین خام در ادرار و مدفوع خود دفع میکند.
- این از دست دادن نیتروژن توسط حیوان باید جایگزین شود تا بافتهای حیوان نگهداری شده و از بین نرود.
- بنا براین پروتیین برای نگهداری در حیوان لازم است.


Fecal Nitrogen
20% Crude Protein Diet
10% Crude Protein Diet
Protein Free Diet (Cell sluffing, endogenous fecal loss; note that this is related to feed dry matter intake)
Feces N (g/day)
DM Intake (g/day)


Urinary Nitrogen (on N Free Diet)
20% Cruide Protien Diet
Urine N
(g/day)
Protein Free Diet (Proportional to
BW3/4, endogenous urinary loss)
Animal Weight

- پروتیین ها به جیره دام ها اضافه می شوند تا احتیاجات اسیدهای آمینه ضروری بدن حیوان را ترمیم کند.
- نیاز پروتیین تحت تاثیر اسیدهای آمینه جیره قرار میگیرد
- 1 - یک توازن خوب اسیدهای آمینه هنگامی به دست می آید که پروتیین جیره، اسیدهای آمینه مورد نیاز حیوان را فراهم کند بدون اینکه
- الف - مقدار زیاد اسیدهای آمینه اثر زیان آور بر تولید حیوان داشته باشد
- ب - کمبود یک یا بیشتر از اسیدهای آمینه ضروری داشته باشد
- ج - کمبود نیتروژن جهت ساخت اسیدهای آمینه غیر ضروری داشته باشد

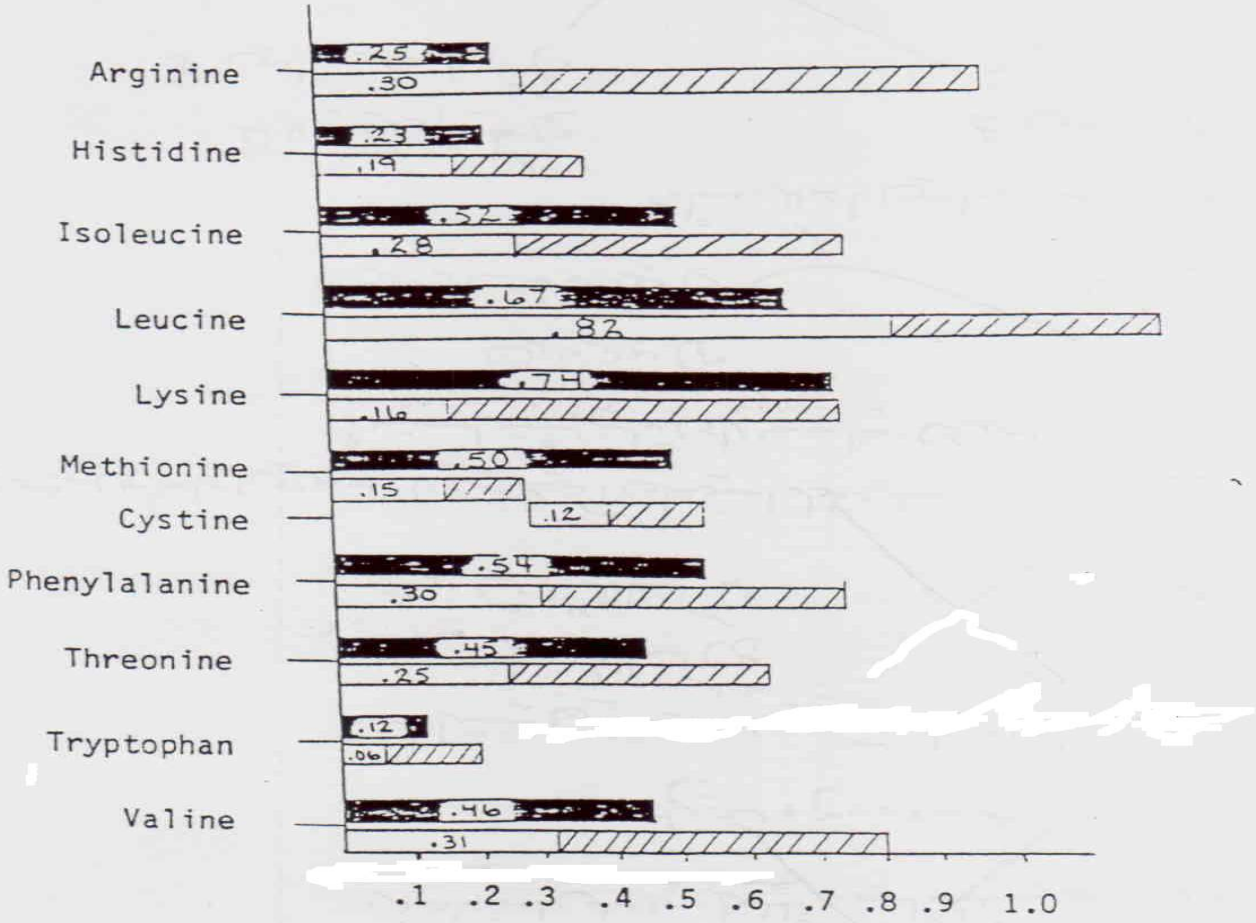
- 2 – یک توازن ضعیف اسیدهای آمینه هنگامی بدست می آید که پروتیین جیره دارای یک یا بیشتر از خصوصیات زیر باشد.
- الف – مقدار مناسب یک یا بیشتر از اسیدهی آمینه را فراهم نکند.
- مثال – اسیدهای آمینه محدود کننده،
- آمینو اسید یا آمینواسیدهایی که تولید حیوان را محدودمیکند.
- در یک خوک جوان 25 پوندی

Diet	ADG
1- Corn (9% cp)	0.3
2- 1 +.05% Tryptophan	0.4
3- 1+ .2% lys	0.3
4- 2+3	0.6
5- Corn + Soybeen (12%cp)	0.85

نتیجه گیری

- 1 – اولین اسید آمینه محدود کننده ذرت ؟
- Tryptophan
- 2 – دومین اسید آمینه محدود کننده ذرت؟
- Lysine
- 3 – آیا اسید آمینه محدود کننده دیگری هم وجود دارد؟
- احتمالا دارد، چون با استفاده از ذرت و سویا تولید بیشتر شد
- 4 - آیا این برای حیوانات دیگر هم حقیقت دارد؟
- احتمالا خیر
- موش صحرایی، جوجه و انسان دارای نیازهای متفاوت هستند
- Tryptophan ممکن است اسید آمینه محدود کننده ذرت در حیوان دیگر نباشد.
- حتی برای سن های مختلف در یک حیوان نیازها متفاوت است

Complimentary Effect Demonstration



Cystine will replace 40% of the methionine requirement

amino acid requirement

amino acid supplied by corn

amino acid supplied by soybean meal

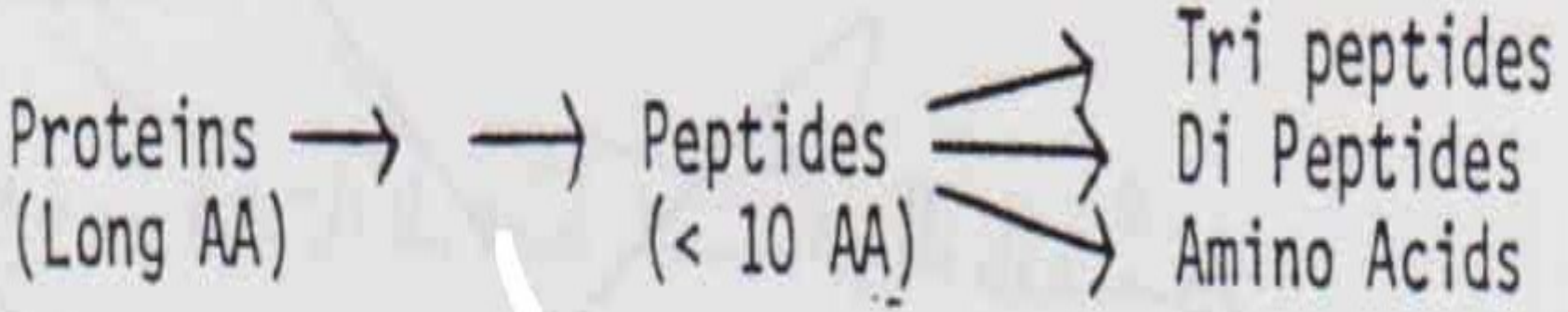
Essential amino acids contributed by corn and soybean meal in comparison to the requirement for the growing pig (weaning to 75 lb.).

- ب – نیتروژن کافی برای ساخت اسیدهای آمینه غیر ضروری را فراهم نمی کند ولی ممکن است همه اسیدهای آمینه ضروری را فراهم کند (بندرت اتفاق می افتد).
- ج – مقداری زیاد از اسیدهای آمینه که موجب سوزاندن (Catabolism) بعضی از اسیدهای آمینه دیگر می شود را فراهم میکند.
- این منجر به نیاز بیشتر اسید آمینه در جیره برای جایگزینی آن دسته از اسیدهای آمینه Catabolism شده می شود lys ar
- مثال: نسبت Lysine به Arginine بیشتر از (1 : 1.2) منجر به نیاز بیشتر Arginine در جوجه به خاطرکاتابولیسم بیشتر آن میشود
- د – فراهم سازی مقدار زیادی از یک یا چند اسید آمینه که اثرات زیان بار بر سلامت حیوان دارند (به ندرت اتفاق می افتد).
- مثال : مصرف متایونین پنج برابر مورد نیازیا بیشتر باعث کم خونی میشود .
- ر - فراهم سازی مقدار زیادی از یک اسید آمینه که موجب کاهش مصرف غذا وتولید میشود.

- 3 – نیازپروتیین تحت تاثیر سن حیوان قرار دارد.
- تغییر ترکیب بدن با افزایش سن
- در سن 0 الی 4 هفتگی هضم ضعیف پروتیین ها
- 4 – نیاز پروتیین تحت تاثیر وجود ممانعت کننده ها در جیره میباشد.
- ممانعت کننده تیریپسین در دانه سویا وبیشتر واریته های لوبیا، باعث کاهش فعالیت trypsin و chymotripsin میشود.
- Hypertrophy – پانکراس
- 5 – آسیب حرارتی (بیشتر برای lysine)
- گروه آمین پروتیین ها با گروه آلدهاید کربوهیدراتها واکنش نشان داده وباعث غیر قابل هضم شدن آنها میشود (واکنش قهوه ای شدن یا Mailard reaction).

جذب و هضم پروتیین ها در غیرنشخوار کنندگان و بعد از هزارلای نشخوارکنندگان

- جذب برای اسیدهای آمینه و بعضی از di و tre پپتیدها .
- کاهش اندازه ملکولی پروتیینها برای جذب شدن.
- استثناء
- نوزادان تازه متولد شده در چند ساعت اول زندگیشان
- میتوانند آنتی بادی های موجود در آغوز را درسته جذب کنند.


Proteins
(Long AA)
Peptides
(< 10 AA)
Tri peptides
Di Peptides
Amino Acids

مرحله هضم پروتیین در دهان

- کاهش اندازه قطعات غذا در دهان طی عمل جویدن
- ایجاد اختلال در بعضی از پیوندهای پروتیینها
- مرطوب کردن غذا

مرحله هضم پروتیین در معده
(Abomasium درنشخوار کنندگان، Proventriculus در طیور)

- ترشح اسید کلرریدریک و پایین آمدن pH مواد غذایی از 5/6 الی 7 به 2 الی 3 .
- اختلال در پیوندهای هیدروژنی ونهایتا Denaturation
- اسید کلرریدریک 6N در 100 c باعث هیدرولیز اسیدهای آمینه در آزما یشگاه می شود.
- مقدار بسیار کم هیدرولیز اسیدی پروتیینها در بدن حیوان زنده

Native State
Enzyme Resistant
(Low digestibility)

Denatured State
Susceptible to Enzyme Hydrolysis
(Higher digestibility)

آنزیم پپسین معده

- در pH معده دناچوره نمی گردد.
- دارای فعالیت هیدرولیزی پروتیینی بالا در معده می باشد.
- پروتیین دناچوره شده را به پپتیدها هیدرولیز (دارای زنجیره کمتر از 10 اسید آمینه) میکند.
- یک Endopeptidase است و به اسیدهای آمینه Aramatice حمله میکند.

انزیم رنین معده

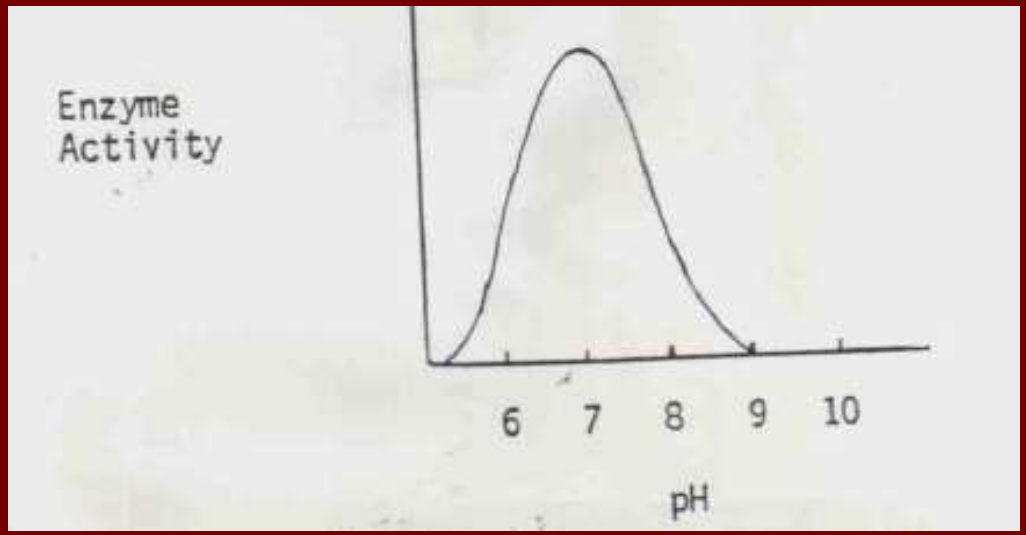
- در شیره معده حیوانات شیرخوار وجود دارد.
- مشابه پپسین عمل میکند.
- کازئین شیر را با efficiency زیاد به پپتیدها هیدرولیز می کند.
- باعث جداشدن تعداد کمی از اسیدهای آمینه میشود

هضم پروتئين‌ها در روده باريك

- الف – نقش لوزالمعده (pancreas)

– شيره لوزالمعده يك محلول اشباع شده بيكربنات سديم (NaHco3) است كه شامل تعدادي از آنزيمهاي هضم كننده پروتئين مي باشد.

– بيكربنات سديم موجود در شيره لوزالعمده يك پديده مهم ضروري از فرايند هضم پروتيئن در داخل روه باريك ميباشد



آنزيمهاي لوزالعمده

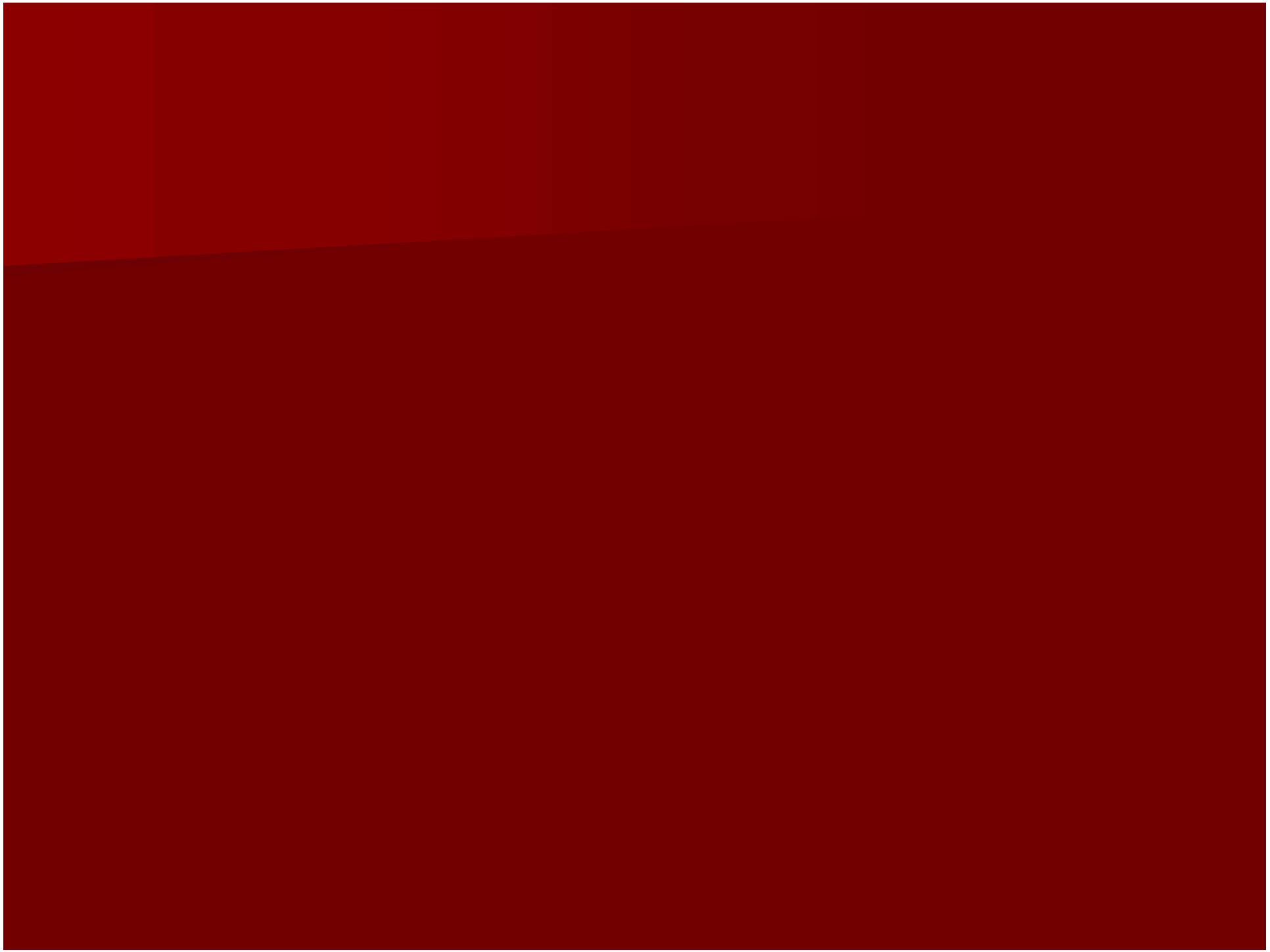
Trypsin یک endopeptidase ، پیوندهاي پپتیدي گروه کربوکزیل از اسیدهاي آمینه lysine یا arginin جدا میکند.

Chymotrypsin يك endopeptidase ، پیوندها پپتیدی گروه کربوکسیل از يك اسید آمینه حلقوي را هیدرولیز میکند.

- Carbxypeptidase A يك exopeptidase ، آمينواسيدها را از انتهاي گروه كربواكسيل پروتئينها آزاد ميكند (باعث ازادشدن تك تك آمينواسيدها ميشود).
  - (A hydrolase that releases C-terminal amino acids, with the exception of C-terminal arginyl, lysyl, and prolyl residues.
  - A zinc-containing exopeptidase).
- Carboxypeptidase B يك exopeptidase، همچنين آمينواسيدها را از طرف گروه كربوكسيل پروتئينها آزاد ميكند.

(hydrolase that releases C-terminal lysyl or arginyl residues preferentially

A zinc-containing exopeptidase.)



- در اثر Hcl denaturation و فعاليت هيدروليكى pepsin و آنزيمهاي لوزالمعده پروتئينها جيره به peptidهاي كوتاه و اسيدهاي آمينه ازاد تبديل ميشوند.
- بعضي از اين پپتيتدها(3AA>)و اسيدهاي آمينه آزاد جذب شده در حالي كه پپتيدهاي بزرگتر زا 3AA نياز به هضم بيشتر فيل از جذب دارد.
- ب – peptidase هاي روده اي كه در mucose روده يافت ميشوند، بعضي از آنها در مجراي روده ميريزند و بعضي ديگر در villi در brush border فعاليت دارند.
- ج – جذب اسيدهاي آمينه از طريق انتشار ساده و انتقال فعال صورت ميگيرد.

هضم پروتئينها در روده بزرگ

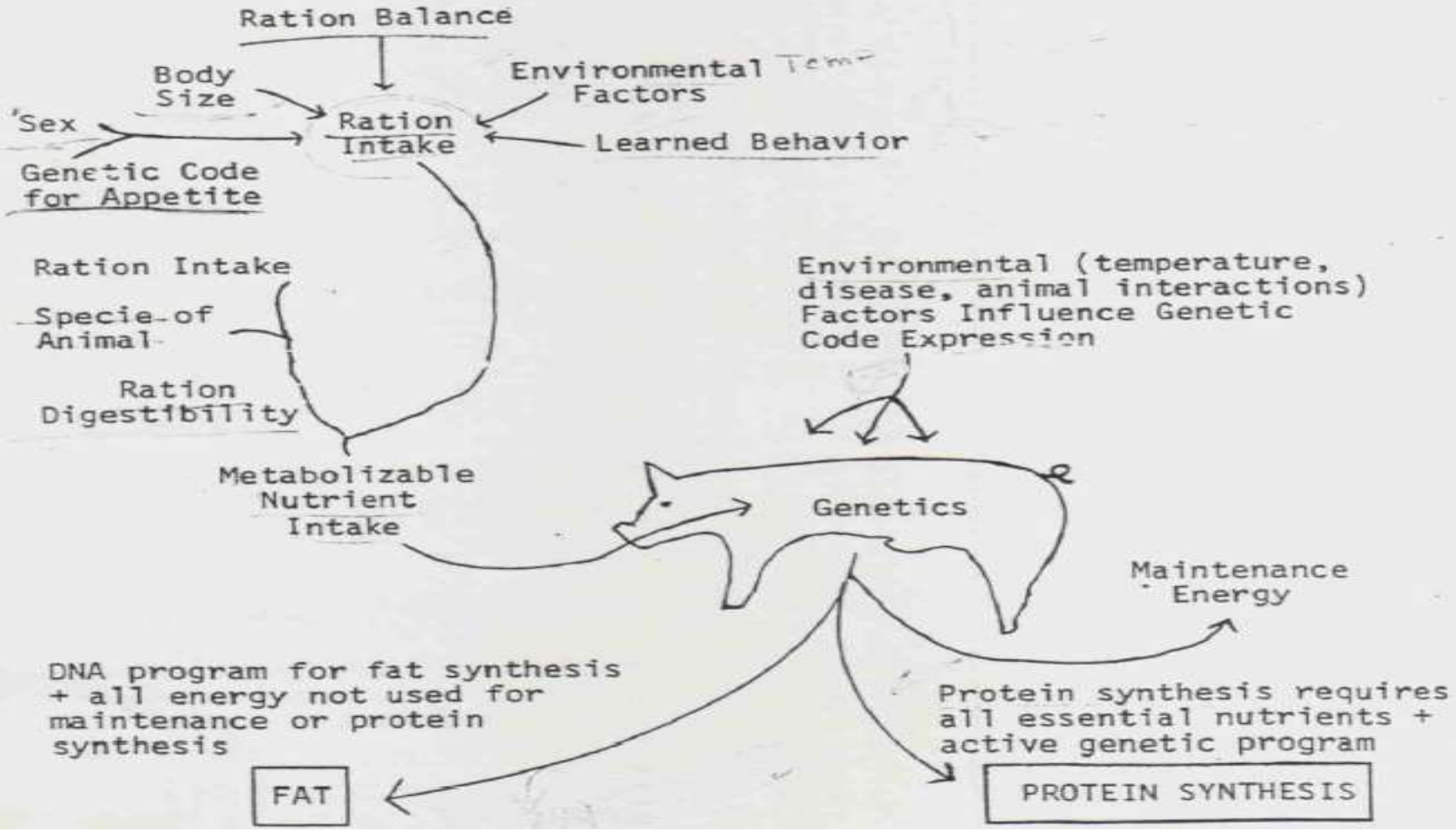
- يك مقدار هضم آنزيمي به خاطر ترشحات سلولهاي جداره روده بزرگ انجام ميشود.
- تخمير ميكروبي پروتئين غيرقابل هضم مواد غذايي در روده بزرگ
- ميكروبها ممكن است با استفاده از منابع ازت غيرقابل هضم مواد غذايي و جذب آمونيم $Nh4+$ از جداره ديواره روده اسيدهاي آمينه و پروتئين ميكروبي بسازند.
- اين مسئله باعث ايجاد مشكل در طرحهايي كه در آن قابليت هضم پروتئين اندازه گيري مي شود ميباشد چرا؟

سرنوشت اسيدهاي آمينه جذب شده

- 1 - ساخت پروتئين.
  - وقتي اتفاق مي‌افتد كه يك برنامه ژنتيكي براي DNA ديكته شود.
  - مواد غذايي (ضروري و غيرضروري) مورد نياز در محل ساخت پروتئين بايد وجود داشته باشد.

VIII. In vivo amino acid metabolism

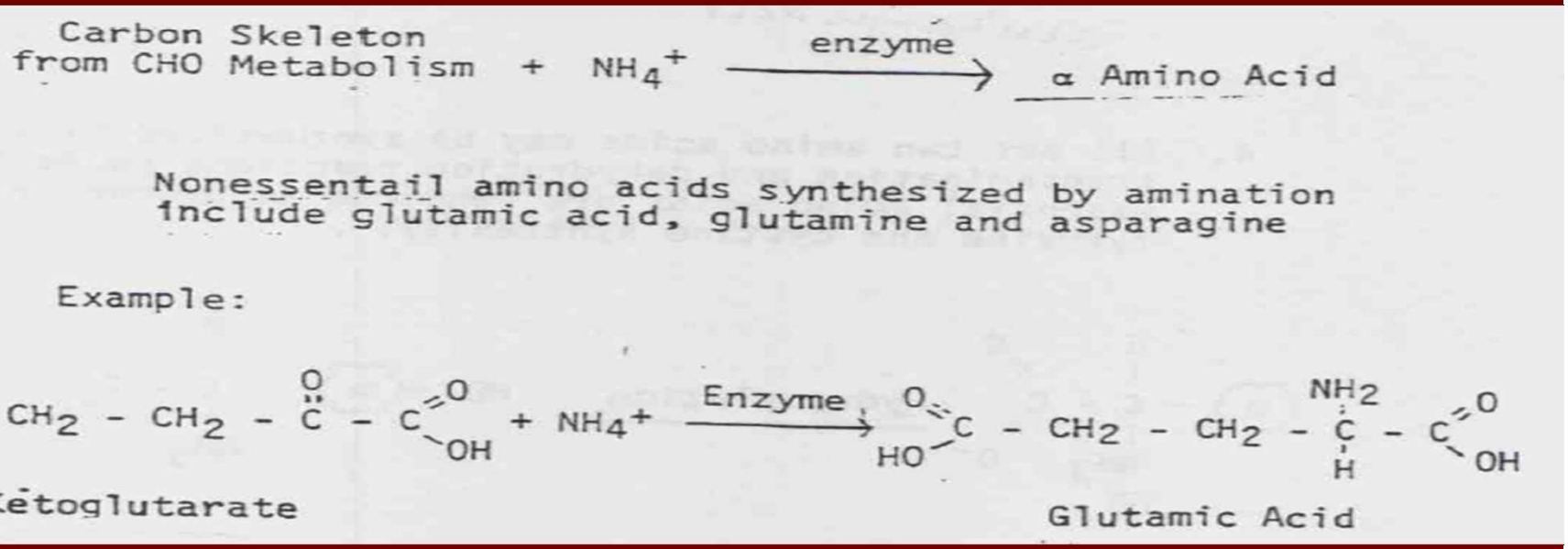
Ideally we would like to incorporate all absorbed dietary amino acids into animal proteins as it is quite costly to feed livestock protein. However, many factors must work in concert to transform dietary amino acids into animal protein. Currently much research is going on around the world to find ways of increasing amino acid utilization of domestic animals.



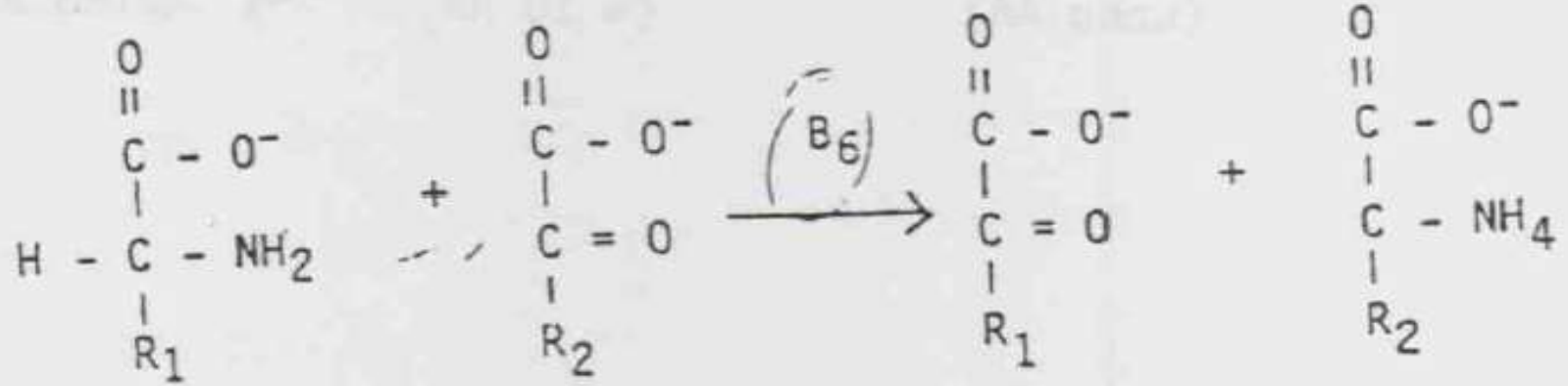
- 2 - ساخت ترکیبها (compounds)نیتروژن دار دیگر
- Histamin , purine, pyrimidin, cornitiene
- Niacin, serotonin, thyroid hormones, choline, epinephrine
- 3- تجزیه شدن و استفاده براي انرژي

ساخت اسيدهاي آمينه غيرضروري

- اغلب براي پروتئنن سازي اتفاق مي افتد.
  - اسيدهاي آمينه غيرضروري حدود 40% بافت پروتئيني را تشكيل ميدهند.
- 1- آموناسيون (Amination)



2. Transamination is the transfer of amino group from amino acid (essential, nonessential) to a α keto acid



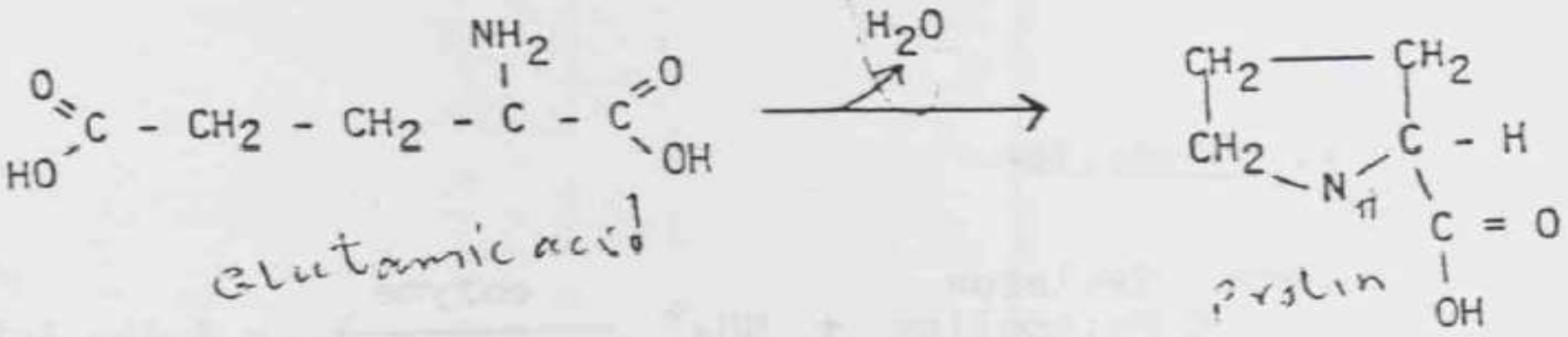
Amino Acid α Ketoacid α Ketoacid Amino Acid

Transamination occurs mainly in liver and only to a smal extent in muscle.

Amino acids synthesized via transamination include:

alanine (glutamic, pyruvate);
aspartic (glutamate, oxaloacetate);
serine (3-phosphoglycerate, glutamate)

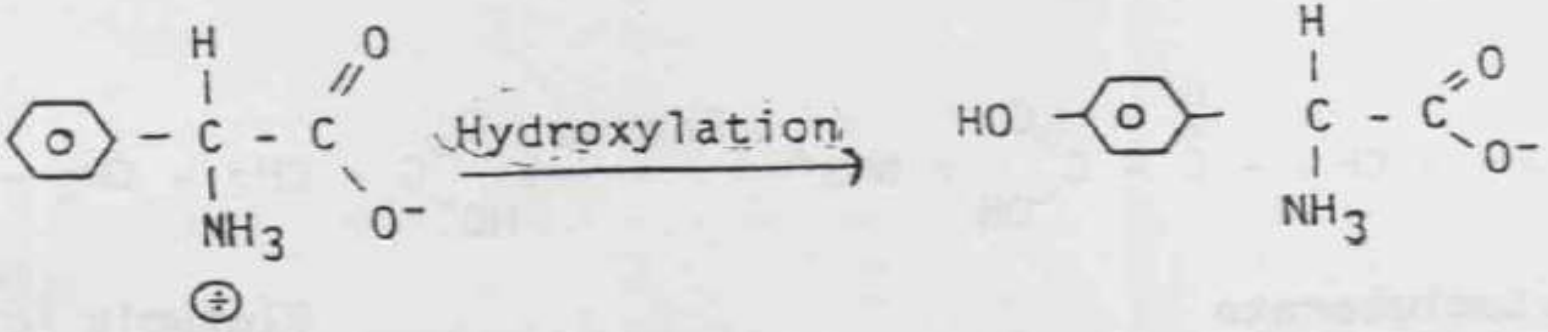
3. Dehydration:



glutamic acid

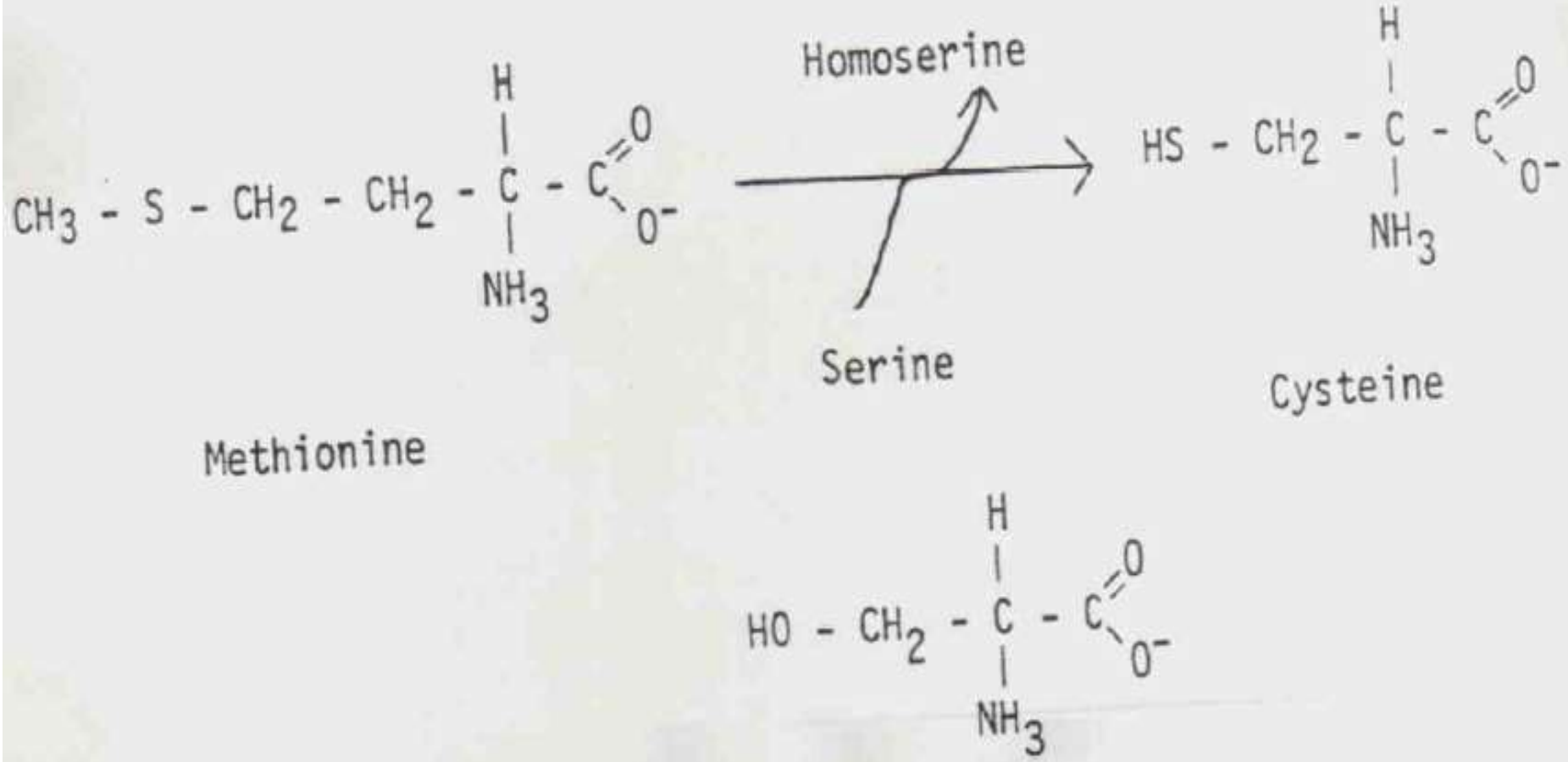
proline

4. All but two amino acids may be synthesized by amination, transamination and dehydration reactions (note that essential amino acids are required as precursors for tyrosine and cystine synthesis).



Phenylalanine

Tyrosine

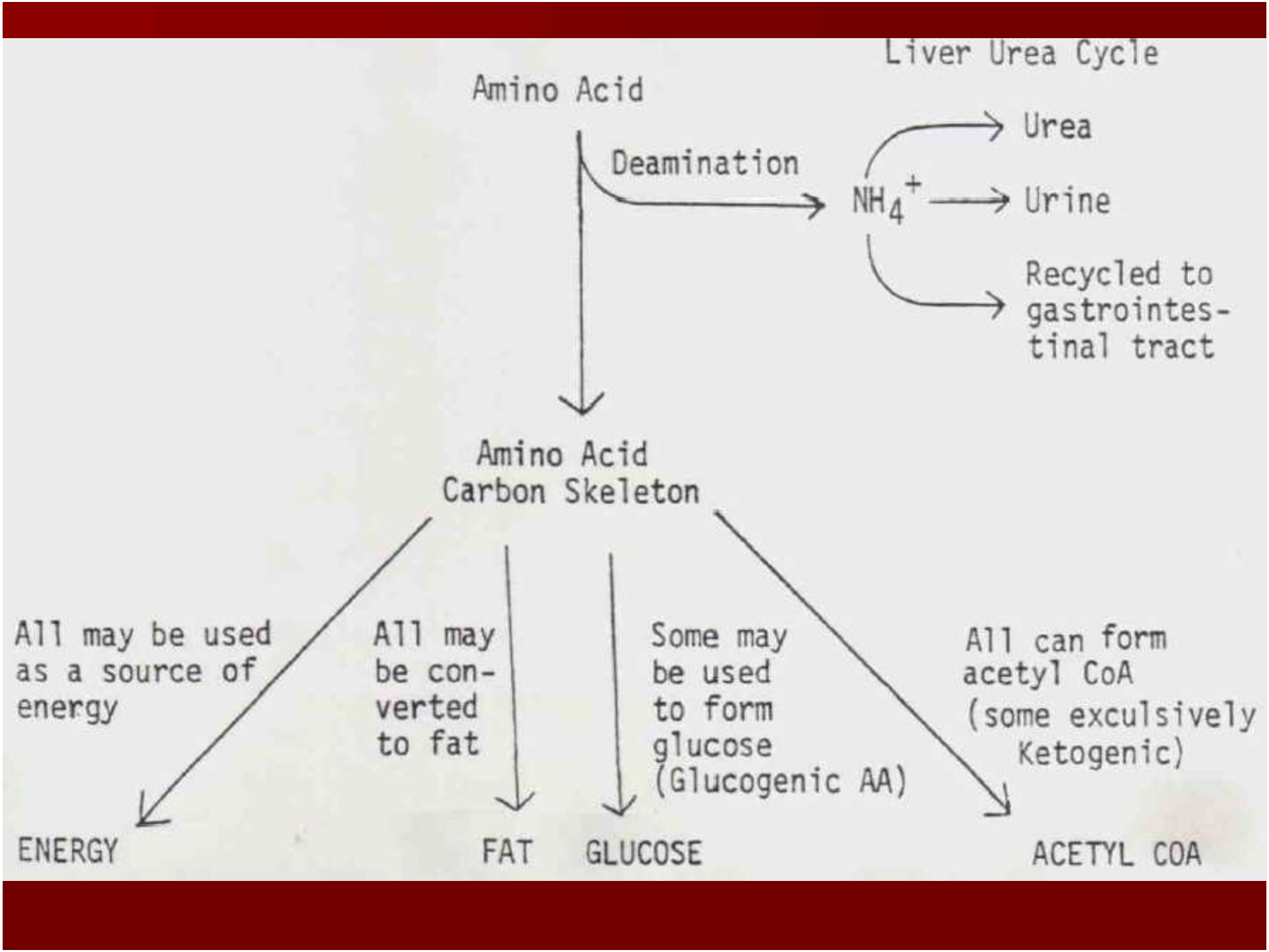

Homoserine
Serine
Cysteine
Methionine

- کمبود tyrosineیا cysteine به ترتیب باعث کاتابولیسم phenylalanine و methionin براي ساخت این در اسیدآمینه غیرضروري میشود.
- بنابراین نیاز .phenylalanine و متابونین تحت تاثیر مقدار tyrosine و cysteine در جیره قرار میگیرد هرگاه یك یا هر دوي این دو اسید آمینه غیرضروري در جیره نباشد نیاز آمینواسیدهاي ضروري Phenylalanineو متایونین میتواند 40 الي 50% افزایش پیدا کند.
- مثال
- نیاز اسیدآمینه براي تبدیل یك جوجه 08. پوتدي به یك جوجه 4 پوندی

Phenylalanine	Tyrosine
65g	--
35g	30g
Methionine	**Cystine**
38g	--
20g	17.5g

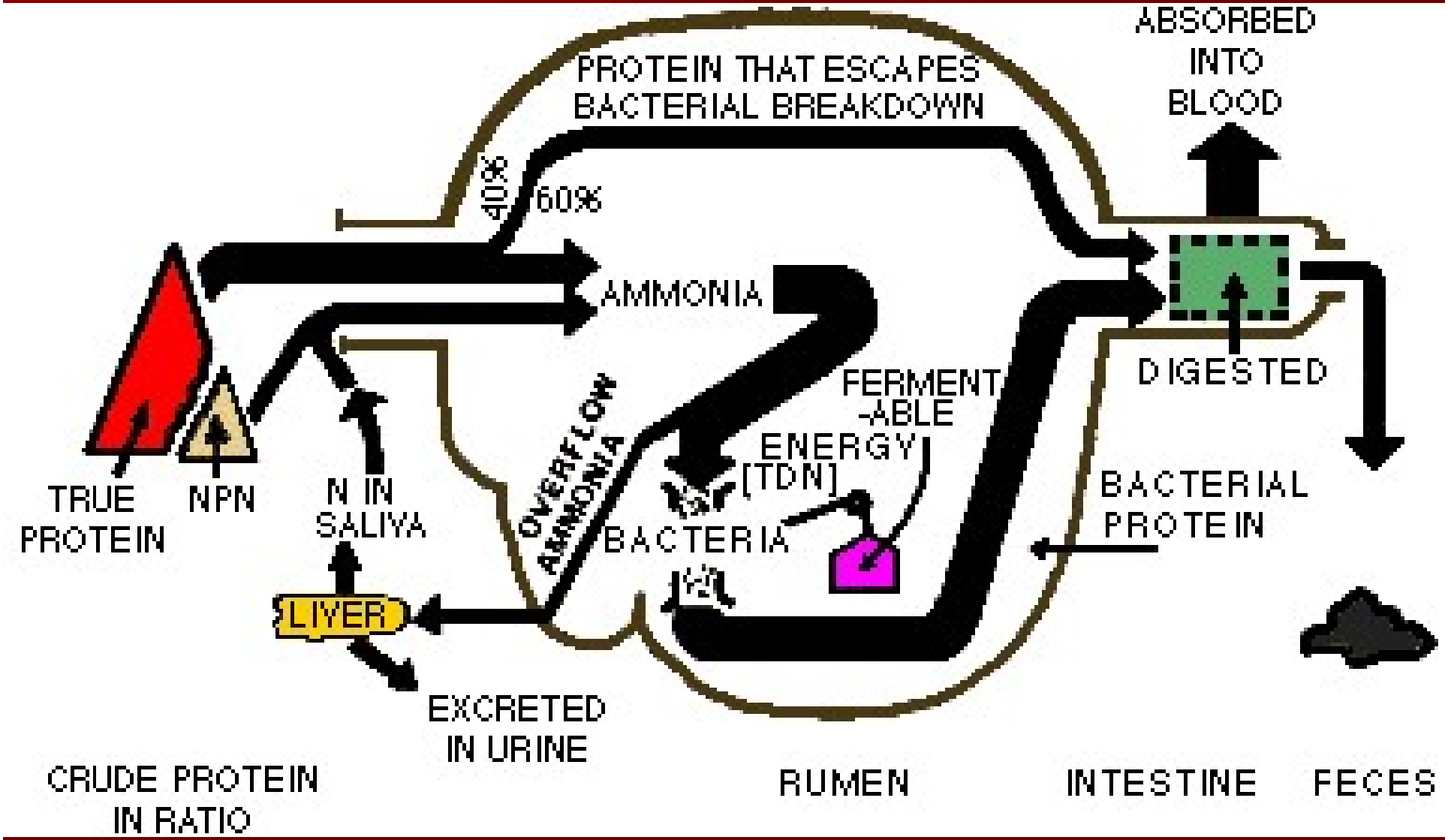
كاتابوليسم اسيدهاي آمينه

- هيچ جيره اي داراي مقدار دقيق اسيدهاي آمينه مورد نياز نيست.
- در جيره نويسي عادي معمولاً جيره ها داراي يك رنج اضافي كم تا زياد بعضي از اسيدهاي آمينه ميباشند.
- بطور ساده بايد گفت كه تغذيه بعضي از اسيدآمينه هاي اضافي در جيره اقتصادي تر از تهيه اسيدآمينه دقيق در جيره است.
- اسيد آمينه اضافي در بيشتر مواقع كاتابوليسم شده و براي انرژي استفاده ميشود.

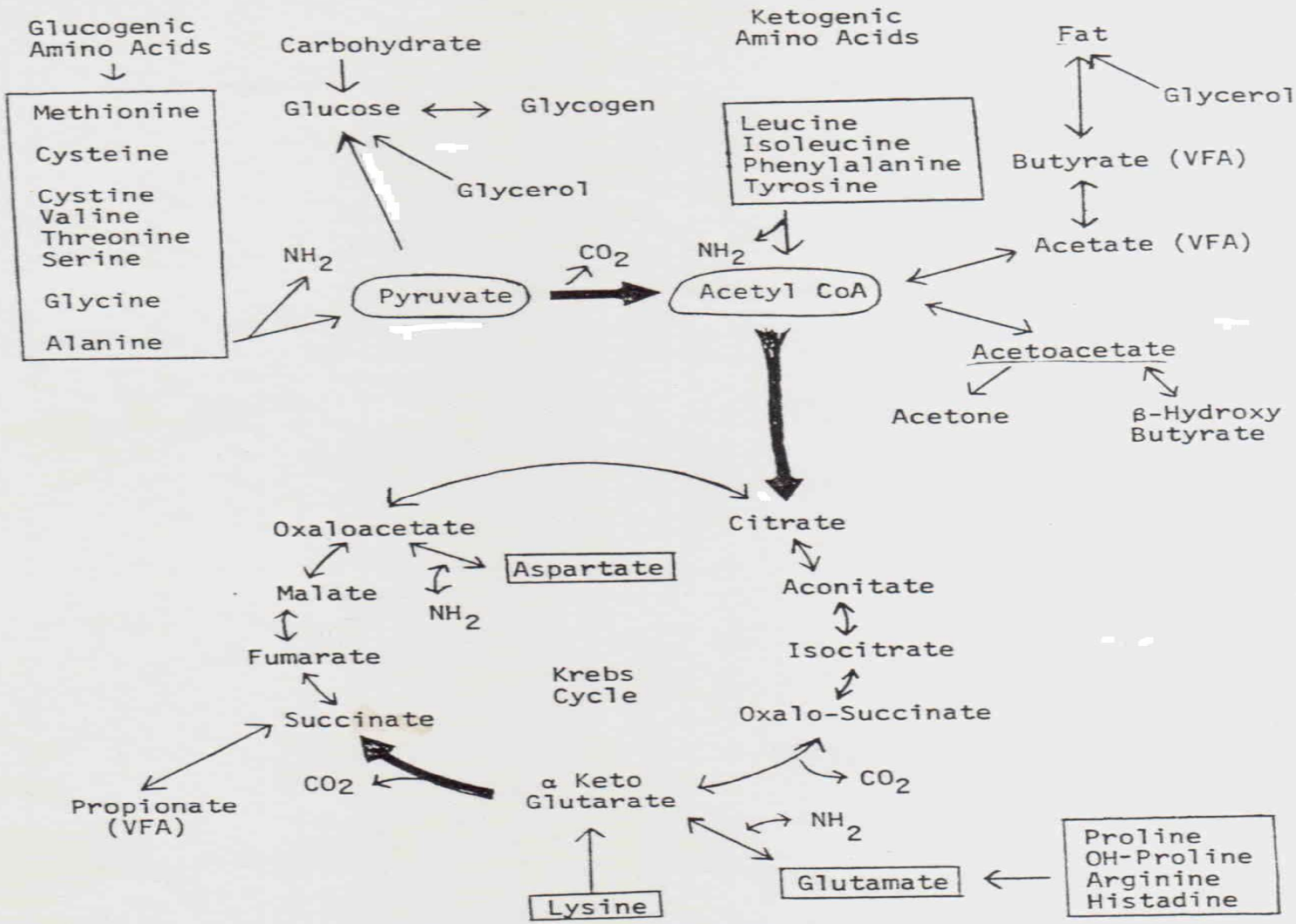

Liver Urea Cycle
Amino Acid
Deamination
Urea
NH_4^+
Urine
Recycled to gastrointes-tinal tract
Amino Acid Carbon Skeleton
All may be used as a source of energy
All may be con-verted to fat
Some may be used to form glucose (Glucogenic AA)
All can form acetyl CoA (some exculsively Ketogenic)
ENERGY
FAT
GLUCOSE
ACETYL COA

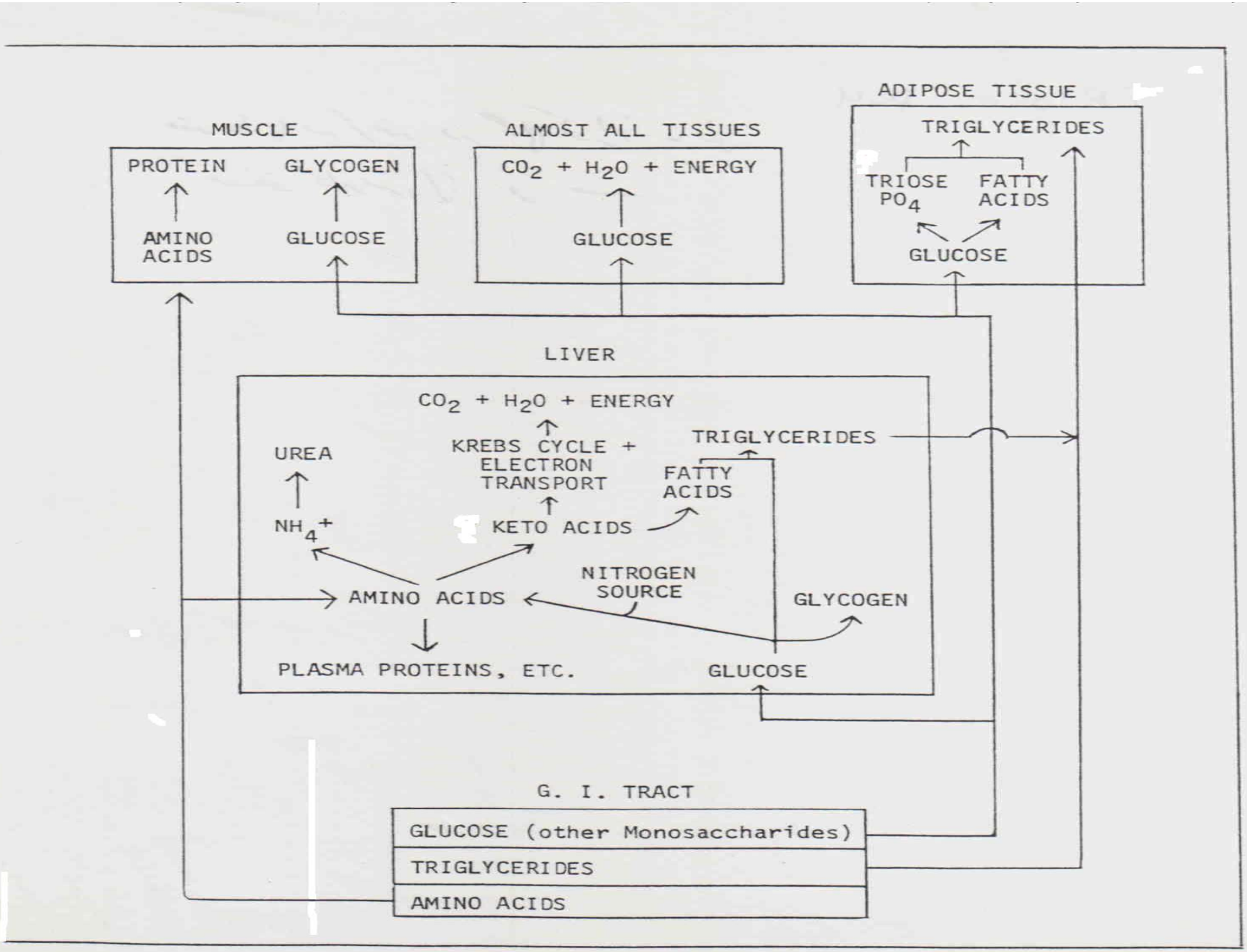
متابولیزم پروتئین در حیوانات نشخوارکنند گان

- در داخل شکمبه نگاری میکربها فرصت هضم و متابولیزم مواد غذایی مصرف شده را دارند.
- از نقطه نظر تغذیه پروئئین نشخوارکنندگان تخمیر میکروبی می‌تواند یک مزیت یا یک عیب باشد.
- مهم فراهم شدن اسیدهای آمینه برای حیوان است چه از طریق جیره باشد چه از طریق تخمیر میکروبی.

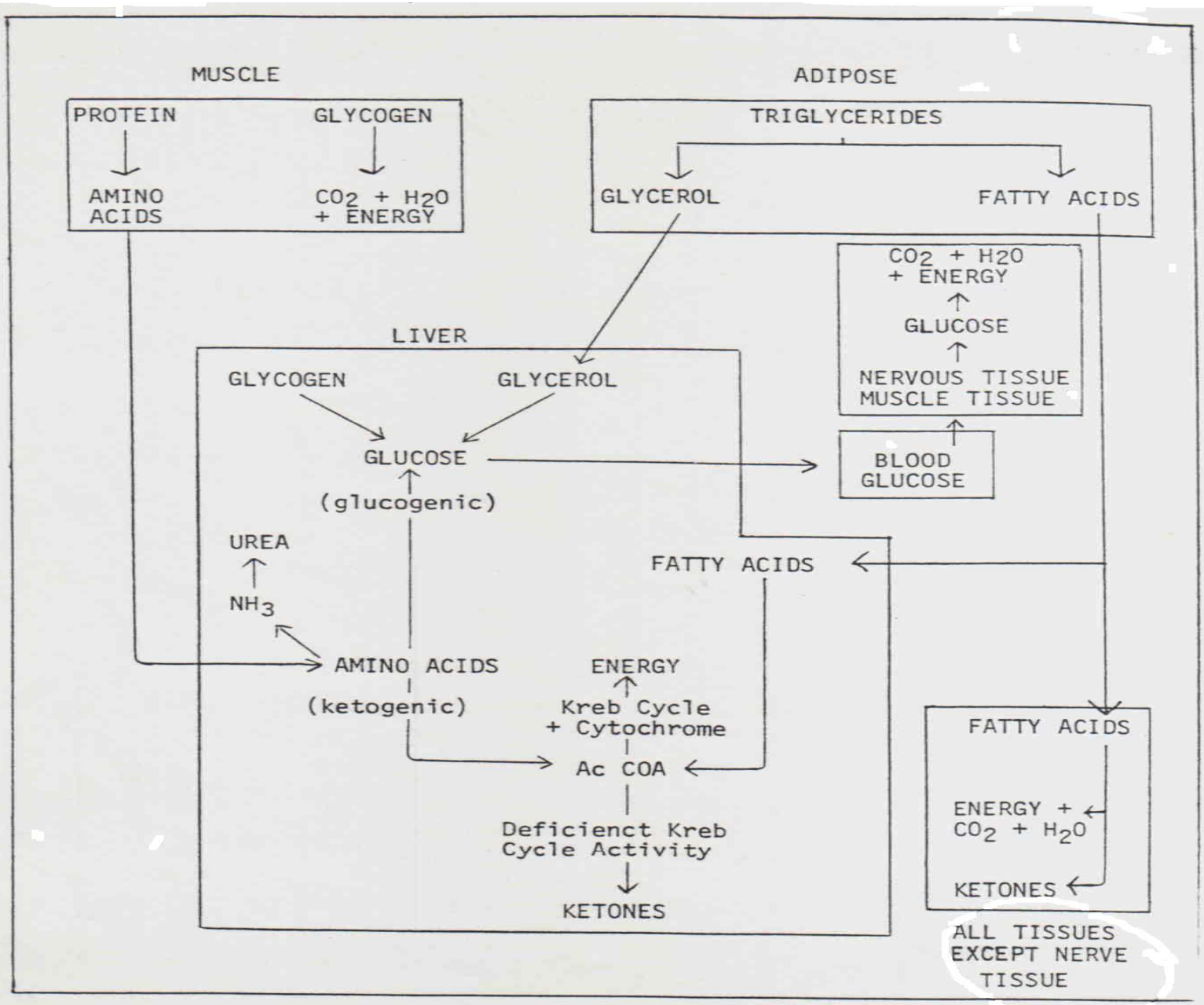

PROTEIN THAT ESCAPES
BACTERIAL BREAKDOWN
ABSORBED
INTO
BLOOD
40%
60%
AMMONIA
DIGESTED
FERMENT
-ABLE
ENERGY
[TDN]
OVERFLOW
AMMONIA
TRUE
PROTEIN
NPN
N IN
SALIVA
BACTERIA
BACTERIAL
PROTEIN
LIVER
EXCRETED
IN URINE
CRUDE PROTEIN
IN RATIO
RUMEN
INTESTINE
FECES

INTERMEDIARY METABOLISM OF CARBOHYDRATE, PROTEIN AND FAT





Major Metabolic Pathways of an Animal in Positive Energy Balance
(Gaining Weight)

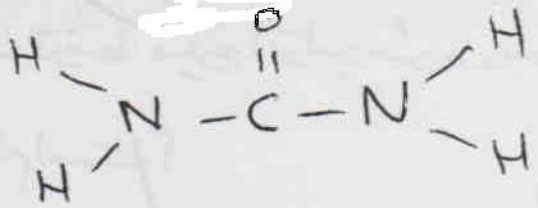


Major Metabolic Pathways of an Animal in Negative Energy Balance

منابع نیتروژن

- 1- نیتروژن غیرپروتئینی (NPN)
- NPN به عنوان منبع نیتروژنی توسط باکتریها و پروتوزآ برای ساخت اسیدهای آمینه مورد نیاز آنها استفاده می‌شود.
- بیشتر میکروارگانیسم هایی که در شکمبه یافت می‌شوند نیاز به اسیدهای آمینه غذایی ندارند. زیرا آنها قادر به ساخت هر نوع اسیدآمینه مورد نیاز در داخل ساختمان سلولی خود می‌باشند.

- اگر چه مقدار اسیدهای آمینه‌ای که توسط میکروارگانیسم ها ساخته می‌شوند همیشه کاملاً احتیاجات حیوان را برآورده نمی‌کند و تولید ممکن است کاهش یابد مگر اینکه منابع دیگر اسیدهای آمینه فراهم شود.
- الف) رایج‌ترین منبع تجاری NPN، اوره است.
- اوره معمولاً پودر یا بلور سفید رنگ سفید متمایل به قهوه-ای می‌باشد

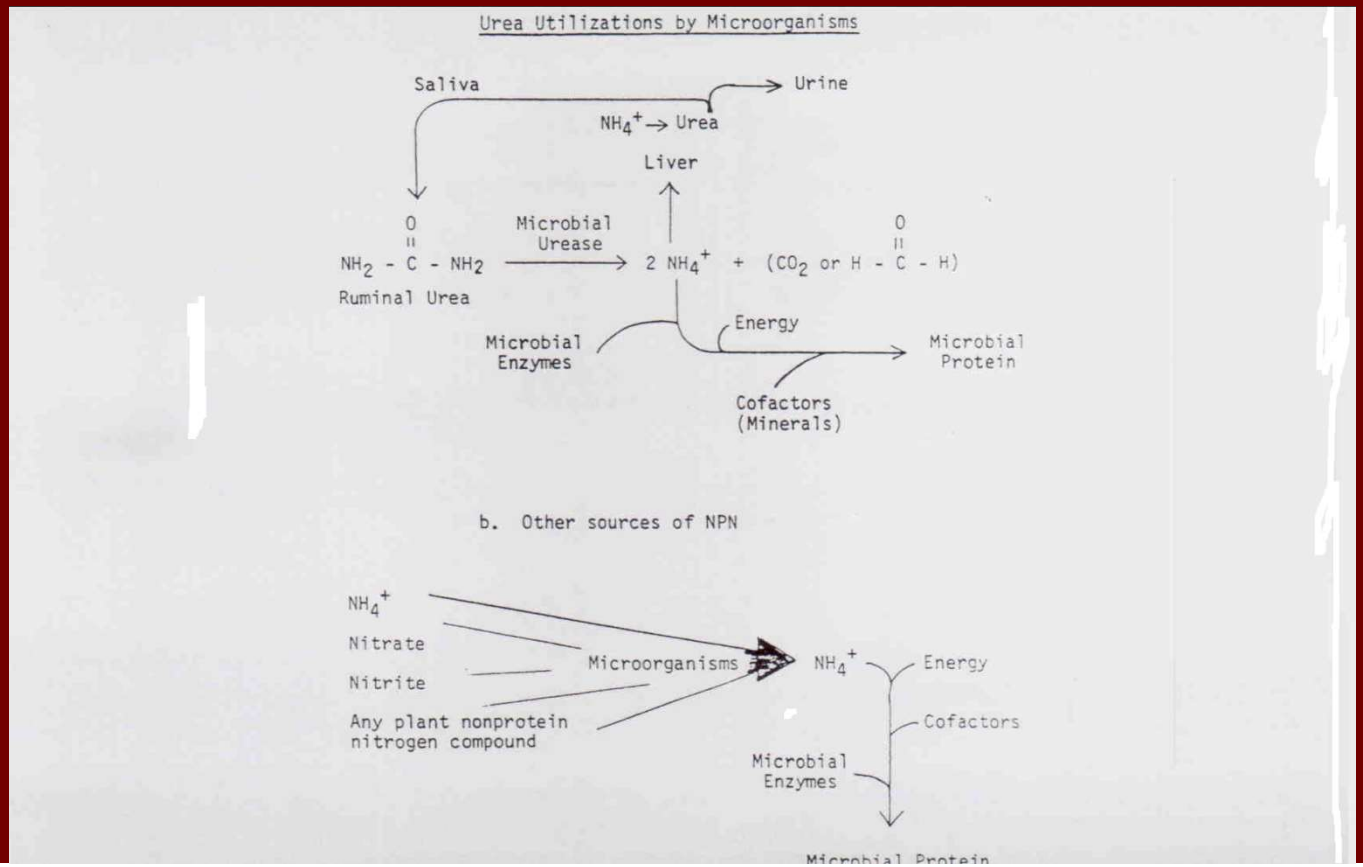


"Urea"

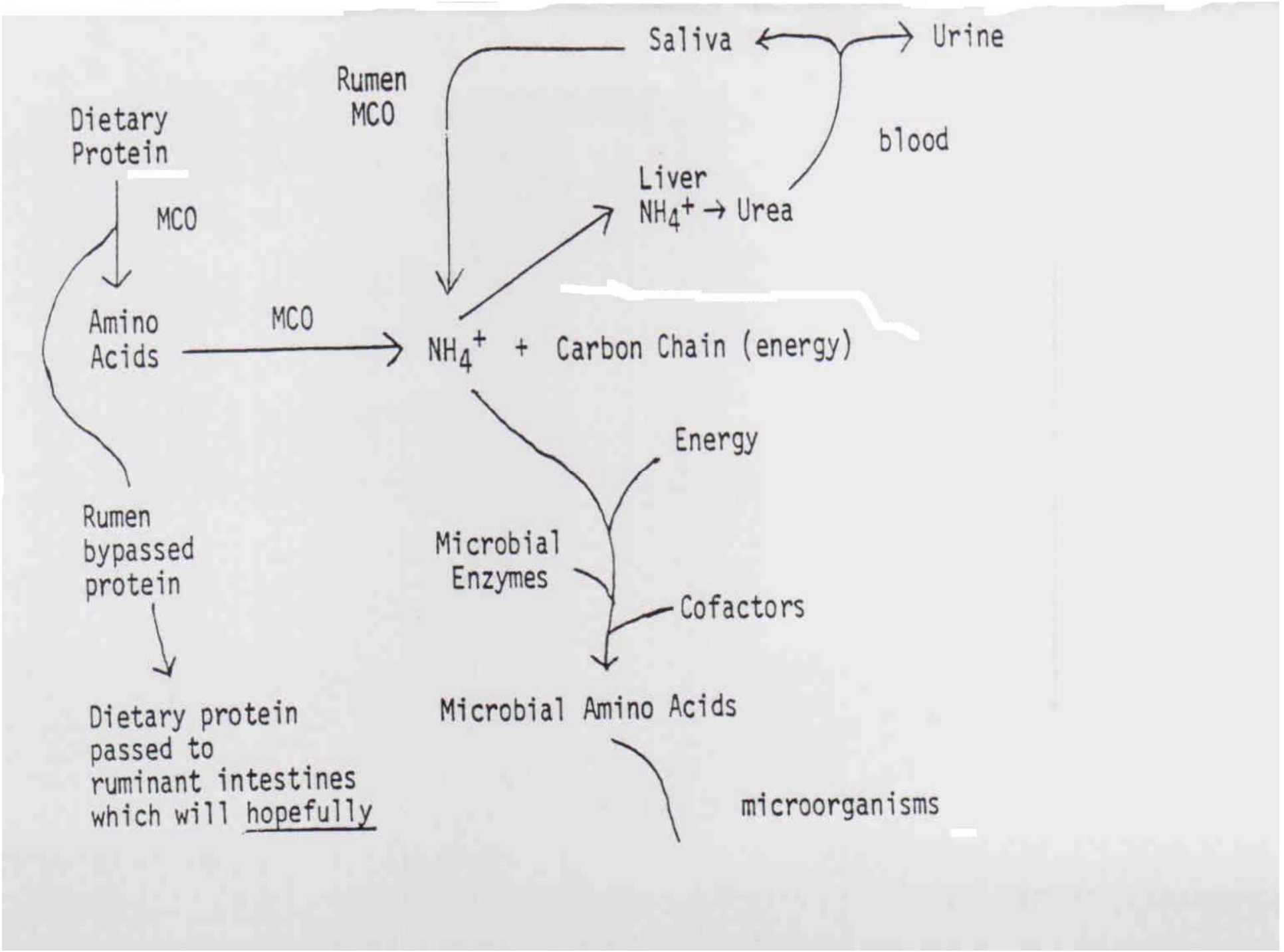
Atom	# Atoms		Molecular weight		
Carbon	1	x	12	=	12
Nitrogen	2	x	14	=	28
oxygen	1	x	16	=	16
Hydrogen	4	x	1	=	4
					60

$\frac{28}{60} = 46.7\%$ nitrogen

- اورهای که به عنوان مواد غذائی مصرف مشود، مقداری نا خالصی دارد و میانگین در صد نیتروژن آن حدود 45 می باشد.
- میانگین نیتروژن اسیدهای آمینه 16 است.
- بنابر این اوره دارای 2.81 برابر یا 281 درصد پروتیین است.
-

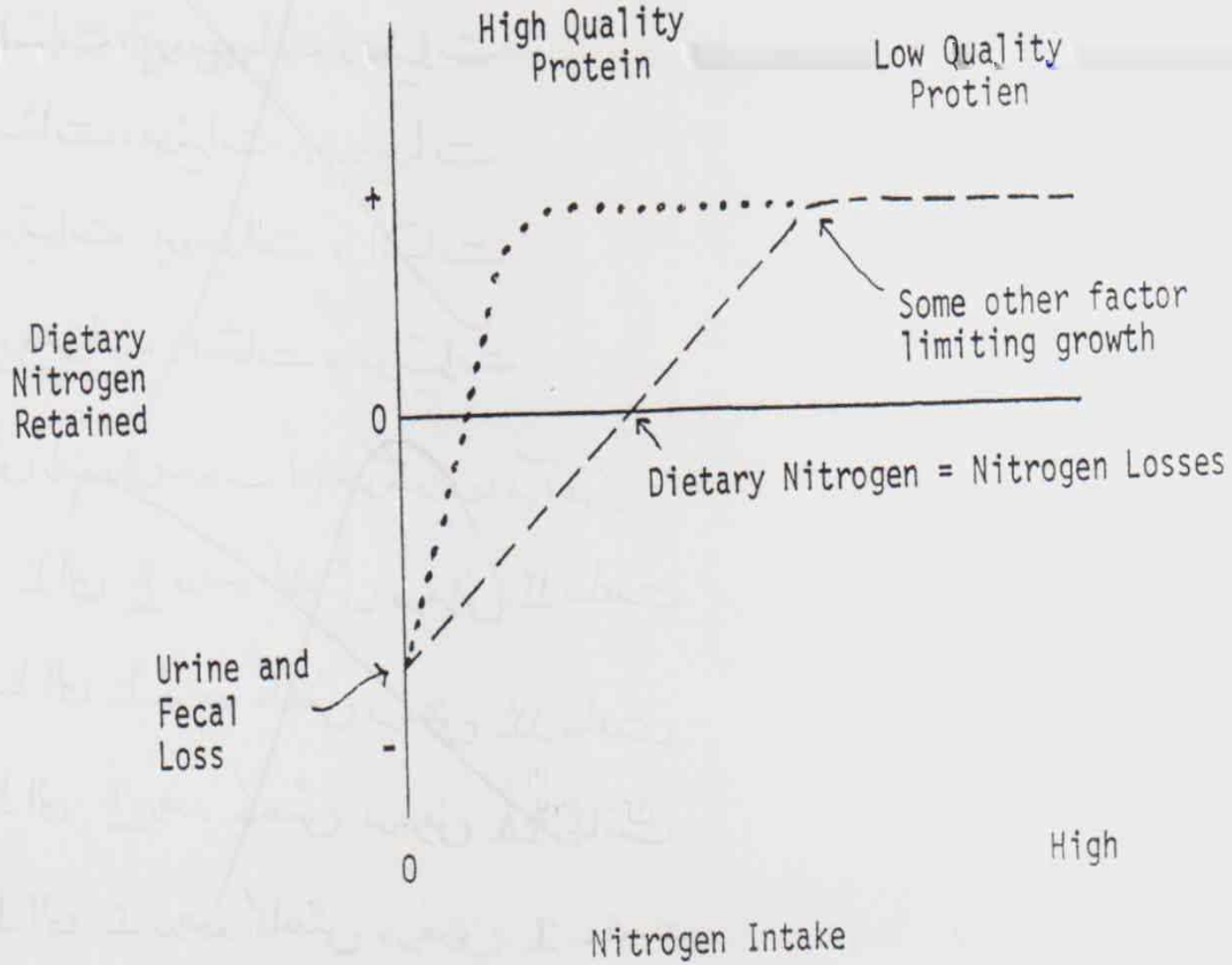


- 2- پروتئین حقیقی
- شامل پلیمرها یی از اسیدهای آمینه است.
- پروتئین‌هایی که توسط میکربهای شکمبه می‌توانند متابولیزم شوند.


Saliva
Urine
Rumen
MCO
Dietary
Protein
blood
Liver
$NH_4^+ \rightarrow$ Urea
MCO
Amino
Acids
MCO
NH_4^+ + Carbon Chain (energy)
Energy
Rumen
bypassed
protein
Microbial
Enzymes
Cofactors
Dietary protein
passed to
ruminant intestines
which will hopefully
Microbial Amino Acids
microorganisms

روش ارزیابی پروتئین

- الف – بالانس نیتروژن
- (درمدفوع و ادرار) نیتروژن خروجی – نیتروژن مصرفی = بالانس نیتروژن
- اگر مواد غذایی دارای یک مخلوط خوب اسیدهای آمینه باشد اغلب اسیدهای آمینه در بدن به صورت پروتئین ذخیره شده و حیوان در یک بالانس نیتروژن مثبت خواهد بود.
- با بالانس نیتروژن منفی حیوان پروتئین از دست می‌دهد.
- با بالانس نیتروژن مثبت حیوان پروتئین ذخیره می‌کند.


High Quality Protein
Low Quality Protien
+
Dietary Nitrogen Retained
0
Some other factor limiting growth
Dietary Nitrogen = Nitrogen Losses
Urine and Fecal Loss
-
0
High
Nitrogen Intake

- ب – جذب و متابولیسم نیتروژن
- 1- نیتروژنی که داخل بدن می‌شود (inputs) ، منابع نیتروژنی موجود در غذا می‌باشند.
- 2- نیتروژنی که از بدن خارج می‌شود (outputs) نیتروژن موجود در مدفوع و ادرار می‌باشد.
- 3- نیتروژن مدفوع شامل نیتروژن غیرقابل هضم غذا و نیتروژن متابولیک مدفوع می‌باشد (منشاء بدنی دارد، سلولهای جداشده از جداره بوده)

- وقتی در نظر بگیریم که بیشتر پروتئین جیره تجزیه شده توسط میکروارگانیتها ابتدا به اسیدهای آمینه و سپس به آمونیاک تجزیه می‌شوند آنگاه مشخص می‌شود که پروتئین تجزیه شده در شکمبه ارزشی برابر با NPN باضافه مقداری انرژی غذایی دارد.
- در اکثر مواقع مصرف NPN باضافه انرژی مواد غذایی برابر با کنجاله سویا و ارزان‌تر از استفاده کنجاله سویا به تنهایی است.

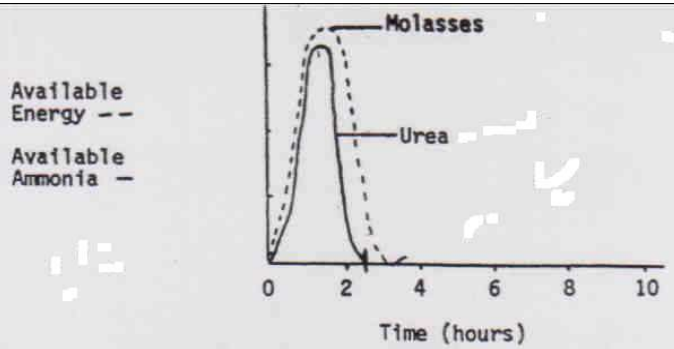
فاکتورهای موثر در رشد میکروبی

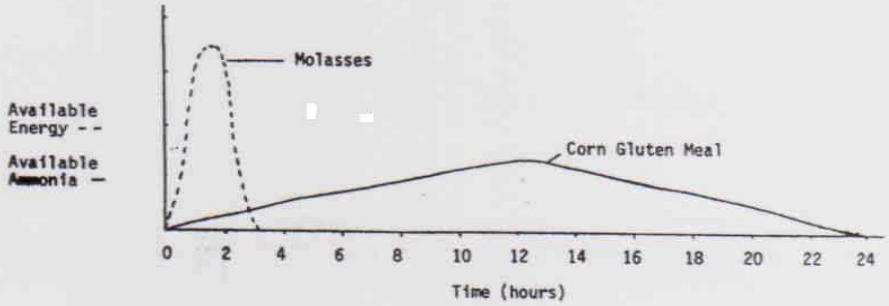
- الف – در دست بودن منبع انرژی
- ب – در دست بودن نیتروژن و سولفور برای ساخت اسیدهای آمینه سولفور دار (سیستیین و متا یونین).
- د – در دست بودن مواد معدنی

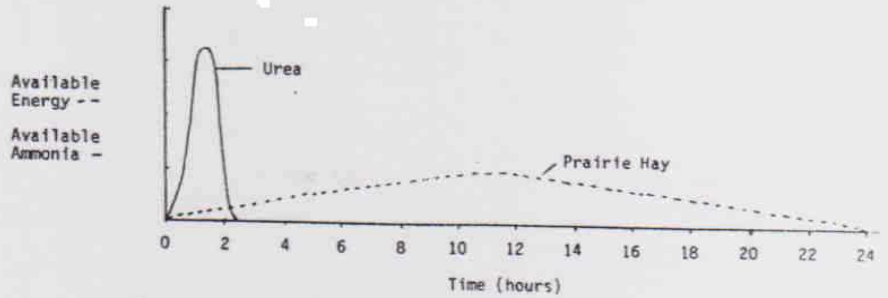
- ر – محیط مناسب شکمبه
- pH - مناسب
- درجه حرارت مناسب 101-10C°f -
- دارای یک محیط مایع (25% ماده خشک) -
- دریافت مواد غذایی بطور روزانه -
- انتقال مواد هضم شده -
- محیط غیرهوازی -
- بطورکلی دو فاکتور موثر در رشد میکروبی در تغذیه معمولی عبارتند از در دسترس بودن نیتروژن و انرژی.

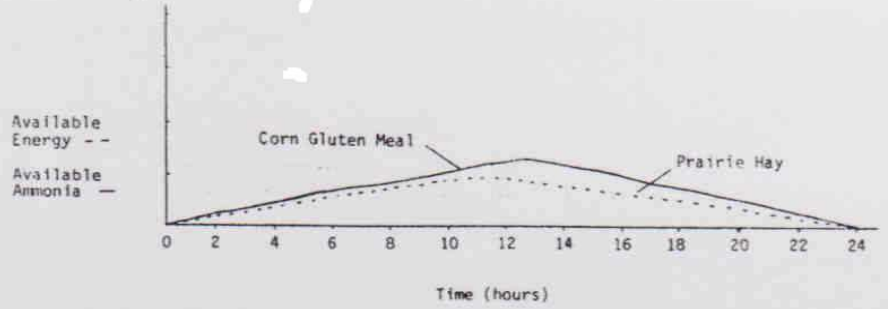
اثر در دسترس بودن همزمان انرژی و نیتروژن در رشد میکروبی

- وقتی که ما این دو پارامتر را در نظر میگیریم هدف همزمان کردن مصرف آنها می‌باشد تا میکروبها قادر به رشد باشند.
- در صورتی که دسترسی به نیتروژن و انرژی به طور همزمان صورت نگیرد رشد میکروبی کمی را خواهیم داشت .
- میکروبها دچارکمبود انرژی یا نیتروژن می شوند.


Molasses
Urea
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10
Time (hours)


Molasses
Corn Gluten Meal
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)


Urea
Prairie Hay
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)


Corn Gluten Meal
Prairie Hay
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)

فاکتورهای اثرکننده بر پیشرفت متابولیسم پروتئین در شکمبه

- 1- نوع پروتئین
- کازئین 100% قابل تجزیه
- کنجاله سویا 80% ” ”
- کنجاله کتان 65% ” ”
- پودر پر 30% ” ”

- 2- مقدار زمانی که در شکمبه می‌ماند
  - زمان طولانی تر متابولیسم بیشتر توسط میکروبها.
- 3 -عمل آوری پروتئین
  - با formaldehyde یا کپسول کردن پروتئین در چربی، کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه می‌شود.
  - باید مواظب باشیم که این منبع پروتئین در روده‌ها قابل هضم باشد.
- کنجاله سویای عمل‌آوری شده با formaldehyde دارای رنج تجزیه-پذیری در شکمبه
  - 0 تا 80% و قابلیت هضم در روده 0 تا 80% می‌باشد.

استفاده نیتروژن توسط میکروبها

- برای اینکه NH_4^+ توسط میکروبها استفاده شود رشد میکروبی (افزایش تعداد میکروبها) باید اتفاق بیفتد.
- میکروبها تا زمانی که احتیاج نداشته باشند اسیدهای آمینه و پروتئین سازی نمی‌کنند.
- فقط زمانی که تکثیر می‌کنند و به پروتئین نیاز دارند و اسیدهای آمینه و پروتئین‌سازی را انجام می‌دهند.

ملاحظات اضافی

- الف – وقتی که جیره غذایی دارای 13% یا بیشتر پروتئین حقیقی است، NPN با efficiency بالا استفاده نمی‌شود.
- ب – NPN در جیره‌هایی که دارای علوفه با کیفیت پایین است به خوبی استفاده نمی‌شود.
- ج – NPN وقتی در جیره‌های دارای علوفه با کیفیت پایین، از مکمل‌های انرژی‌زا استفاده کرده باشند (ملاس، پودر ذرت و غیره) بهتر مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی هنوز به خوبی کنجاله سویا نیست.
- د – NPN زمانی که جیره دارای 35 الی 90% کنسانتره دارد به خوبی استفاده می‌شود.

- ر – تکنیک‌های مورد استفاده برای استفاده بهینه NPN
- 1- کنترل آزادشدن NH3از NPN
- - همزمان سازی آزاد شدن NH3 با انرژی قابل دسترسی
- - کاهش ریسک مسمومیت NH3
- - محصولاتی که تا حال انتخاب شده
- Starea= پلتهایی که از اوره و نشاسته ساخته شده
- اوره که توسط روغن کتان محافظت شده
- (Coated with linseed oil)
- Biurate
- 2 Bypass پروتئین طبیعی از شکمبه
- باعث کاهش آزاد سازی NH3از پروتئین حقیقی می‌شود واجازه تغذیه بیشتر NH3را می‌دهد.

مسمومیت اوره

- اوره به خودی خود در حیوانات نشخوارکننده مسمومیت‌زا نیست.
- ولی NH_3 که با کمک آنزیم Urease ترشح شده توسط میکروبهای شکمبه از اوره آزاد می‌شود می تواند خطرناک باشد.
- 44. گرم اوره برای هر کیلوگرم وزن زنده باعث آزاد سازی مقدار کافی NH_3 برای ایجاد مسمومیت میشود.
- حدود 200 گرم اوره به ازاء 450 کیلوگرم وزن زنده اگر یکباره به حیوان داده شود باعث مسمومیت اوره می‌شود.

علائم مسمومیت اوره

- در عرض 6 الی 10 دقیقه
  - عصبی‌شدن، لرزش گوشها لرزشی، شکم flank ورکتوم
- در عرض 15 دقیقه
  - لرزش شدیدتر می‌شود – حیوان تعادل خود را از دست می‌دهد سرعت تنفس زیادتر می‌شود.
- در عرض 20 دقیقه
- پیدایش کف در دهان
- در عرض 29 دقیقه
- حیوان روی زمین می‌افتد و می‌میرد.

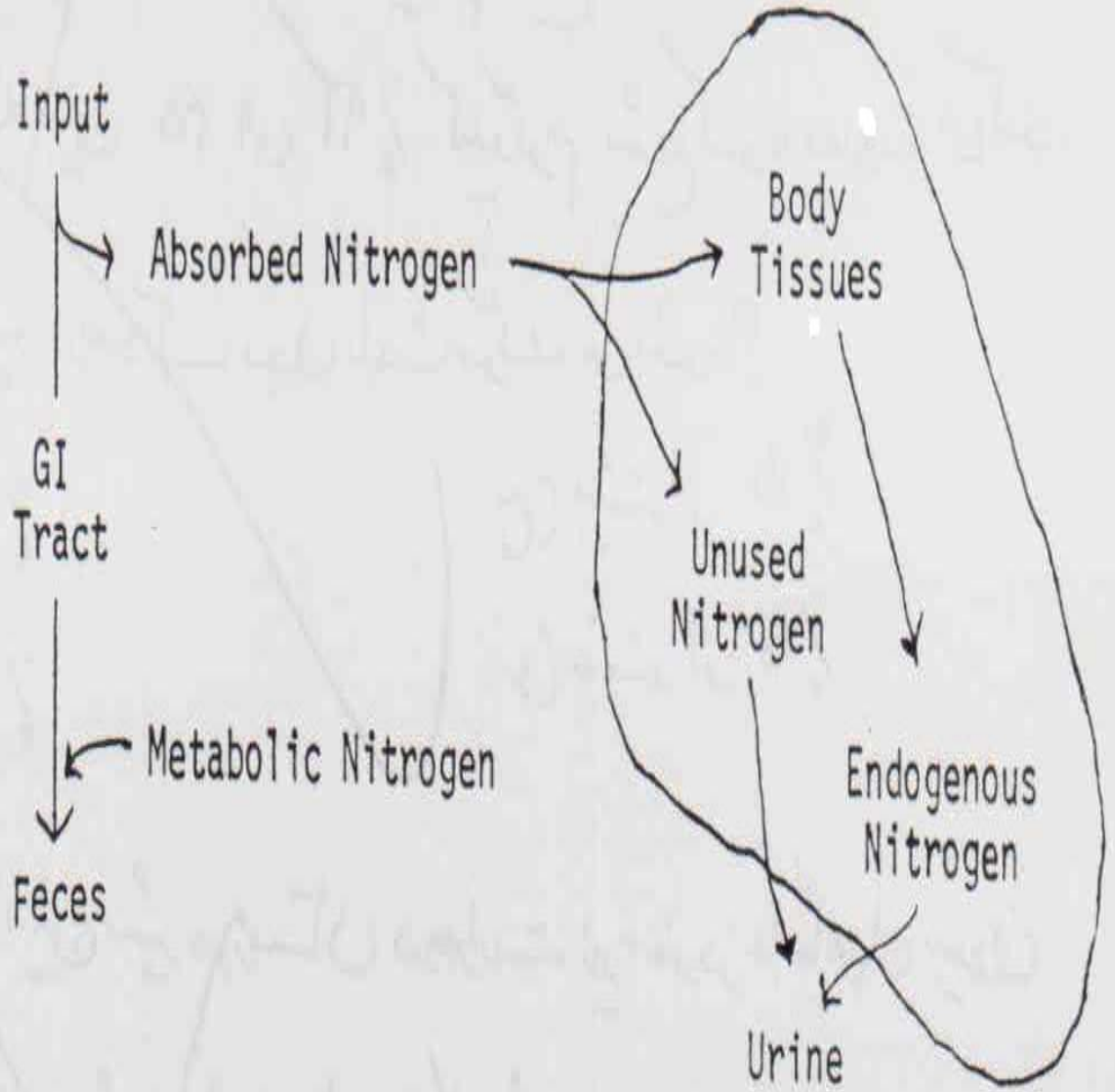
درمان

- NH_4^+ به آهستگی جذب دیواره شکمبه می‌شود.
- NH_3 خیلی سریع جذب دیواره شکمبه می‌شود.
- در زمانی که در شکمبه آمونیاک از اوره آزاد می‌شود به خاطر جذب یون H^+ از محیط شکمبه به NH_4^+ و محیط شکمبه قلیایی می‌شود.
- NH_3 آزاده شده از اوره بعد از عادی‌شدن محیط شکمبه از H^+ به صورت NH_3 در شکمبه باقی می‌ماند و خیلی سریع جذب می‌شود.
- اضافه‌کردن اسید (معمولاً اسیداستیک) باعث کاهش pH شکمبه و باعث تبدیل NH_3 به NH_4^+ شده.
- باید مواظب بود ممکن است به اسید بیشتری نیازمند باشیم به خاطر آزاد شدن تدریجی NH_3 و عاری‌کردن محیط شکمبه از H^+
- باید حداقل 10 ساعت مواظب گاو بود.
- یک نوع دیگر درمان = خالی کردن شکمبه حیوان با کمک پومپ

ارزش بیولوژیکی پروتیینها

- یک پروتئین کامل (با بالانس خوب اسیدهای آمینه) دارای ارزش بیولوژیکی 100% خواهد بود.
- پروتئین تخم‌مرغ یکی از کاملترین پروتئین‌های طبیعی است دارای ارزش بیولوژیکی 95% می‌باشد.
- اگر منبع پروتئین دارای کمبود بعضی از اسیدهای آمینه ضروری باشد بنابراین ارزش بیولوژیکی آن پایین خواهد آمد.
- ارزش بیولوژیکی پروتئین ذرت 60% می‌باشد.
- ارزش بیولوژیکی یک ایندکس بالانس اسیدهای آمینه پروتئین می-باشد.

- نیتروژن متابولیکی مدفوع
- نیتروژن مدفوع در هنگام تغذیه حیوان از جیره عادی از پروتئین می-باشد.
- نیتروژن ادرار
- نیتروژن جذب شده ولی استفاده نشده مواد غذایی و نیتروژن اندوژنوسی ادرار می‌باشد.
- نیتروژن اندوژنوسی ادرار.
- نیتروژن ادرار در زمانی که حیوان از جیره عادی از پروتئین تغذیه شده باشد می‌باشد
- محوصل متابولیسم پروتئین در بدن است و رابطه مستقیمی با اندازه بدن حیوان دارد (هرچه پروتئین بدن بیشتر باشد ازت اندوژنوبی بیشتری دفع می‌شود).


Input
Absorbed Nitrogen
Body Tissues
GI Tract
Unused Nitrogen
Metabolic Nitrogen
Endogenous Nitrogen
Feces
Urine

- الف – نیتروژن مدفوع- نیتروژن مصرف شده= قابلیت هضم پروتئین
- ب - = پروتئین حقیقی قابل هضم
- (نیتروژن متابولیکی مدفوع – نیتروژن مدفوع)- نیتروژن مصرف شده
- ج – ارزش بیولوژیکی (Biological value) یک محاسبه‌ای است برای نشان‌دادن اینکه مواد جذب شده در بدن چقدر مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ازت تثبیت شده
- Biological value=---------- x 100
- ازت جذب شده

Handouts

ساختمان اسيدهاي امينه–

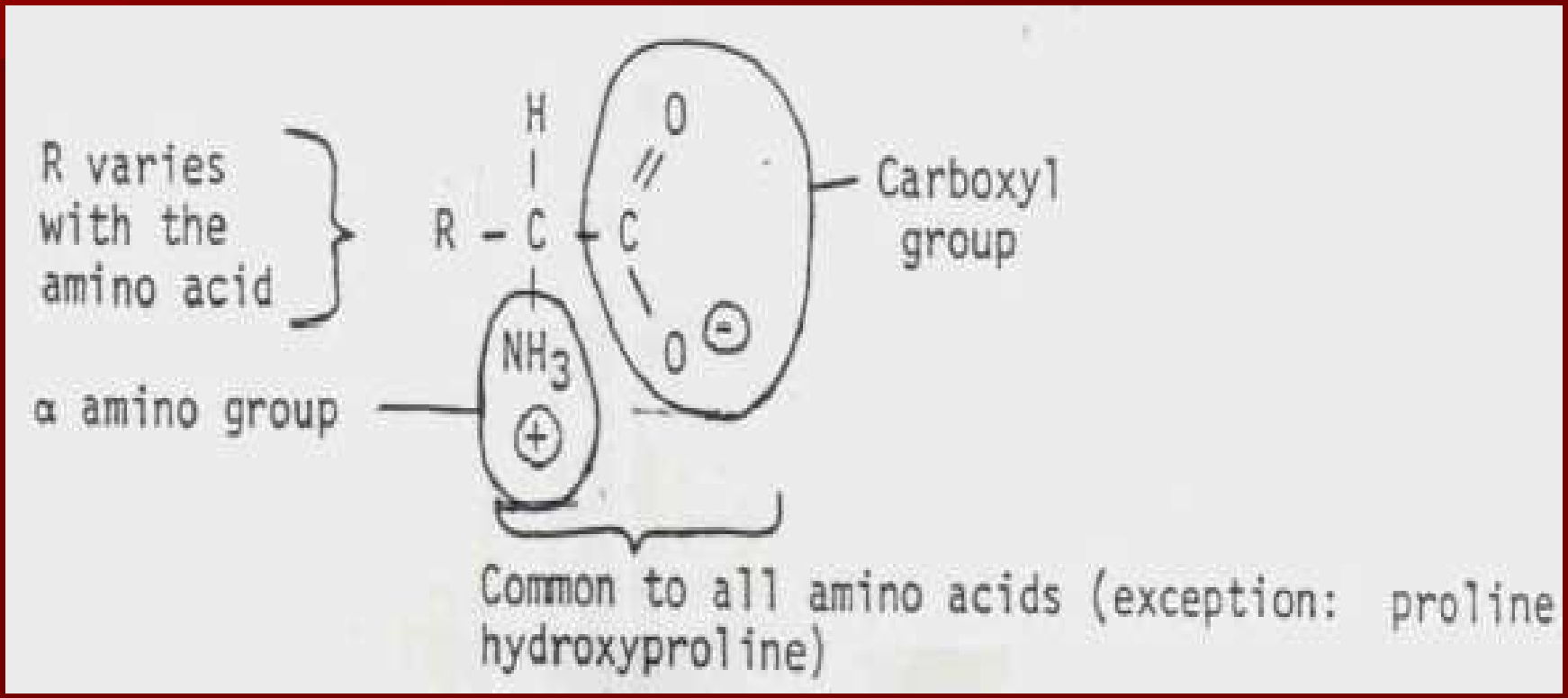
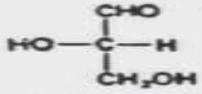
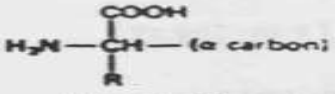


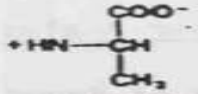
Table 17–1 Nonessential and essential amino acids for humans and the albino rat

Nonessential	Essential
Alanine	Arginine*
Asparagine	Histidine
Aspartate	Isoleucine
Cysteine	Leucine
Glutamate	Lysine
Glutamine	Methionine
Glycine	Phenylalanine
Proline	Threonine
Serine	Tryptophan
Tyrosine	Valine

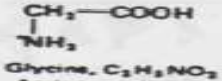
* Essential in young, growing animals but not in adults.

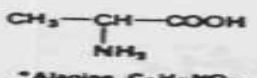

L-glycerose

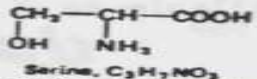

L-amino acid

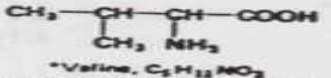

L-alanine (Zwitter ion)

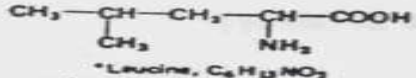
A. Monoamino-monocarboxylic acids (neutral)

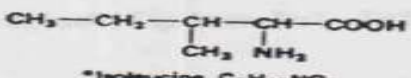

Glycine, $C_2H_5NO_2$
Amino-acetic acid

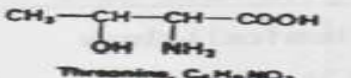

*Alanine, $C_3H_7NO_2$
α-Amino-propionic acid


Serine, $C_3H_7NO_3$
α-Amino-β-hydroxypropionic acid

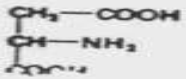

*Valine, $C_5H_{11}NO_2$
α-Amino-β-methyl-butyric acid

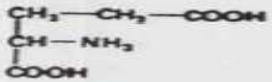

*Leucine, $C_6H_{13}NO_2$
α-Amino-γ-methyl-valeric acid


*Isoleucine, $C_6H_{13}NO_2$
α-Amino-β-methyl-valeric acid

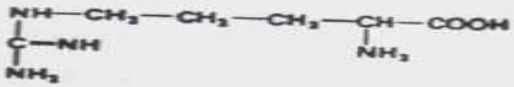

Threonine, $C_4H_9NO_3$
α-Amino-β-hydroxybutyric acid

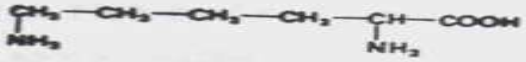
B. Monoamino-dicarboxylic acids (acidic)

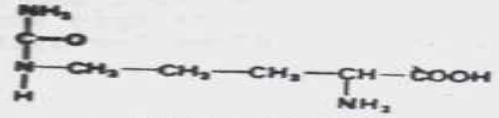

Aspartic acid, $C_4H_7NO_4$
Amino-succinic acid


Glutamic acid, $C_5H_9NO_4$
α-Amino-glutaric acid

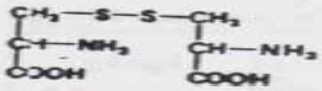
C. Diamino-monocarboxylic acids (basic)

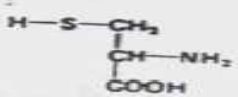

Arginine, $C_6H_{14}N_4O_2$
α-Amino-δ-guanidine-valeric acid


Lysine, $C_6H_{14}N_2O_2$
α-ε-Diamino-caproic acid


Citrulline, $C_6H_{13}O_3N_3$
δ-Carbamido-α-amino-valeric acid

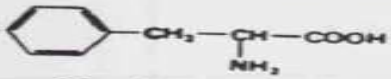
D. Sulfur-containing amino acids

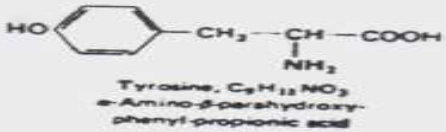

Cystine, $C_6H_{12}N_2O_4S_2$
Di-α-Amino-β-thio-propionic acid)

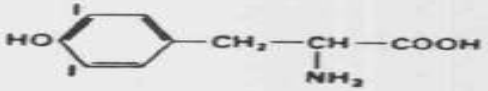

Cysteine, $C_3H_7NO_2S$
α-Amino-β-thio-propionic acid

*Methionine, $C_5H_{11}NO_2S$
α-Amino-γ-methylthio-butyric acid

II. Aromatic amino acids

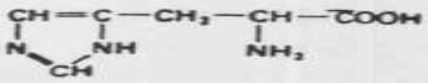

*Phenylalanine, $C_9H_{11}NO_2$
α-Amino-β-phenyl-propionic acid

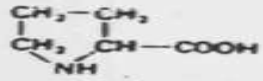

Tyrosine, $C_9H_{11}NO_3$
α-Amino-β-parahydroxy-phenyl-propionic acid

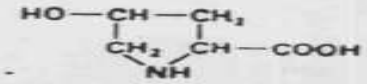

Diiodotyrosine

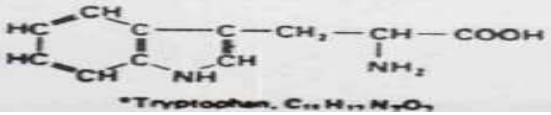
Thyroxine

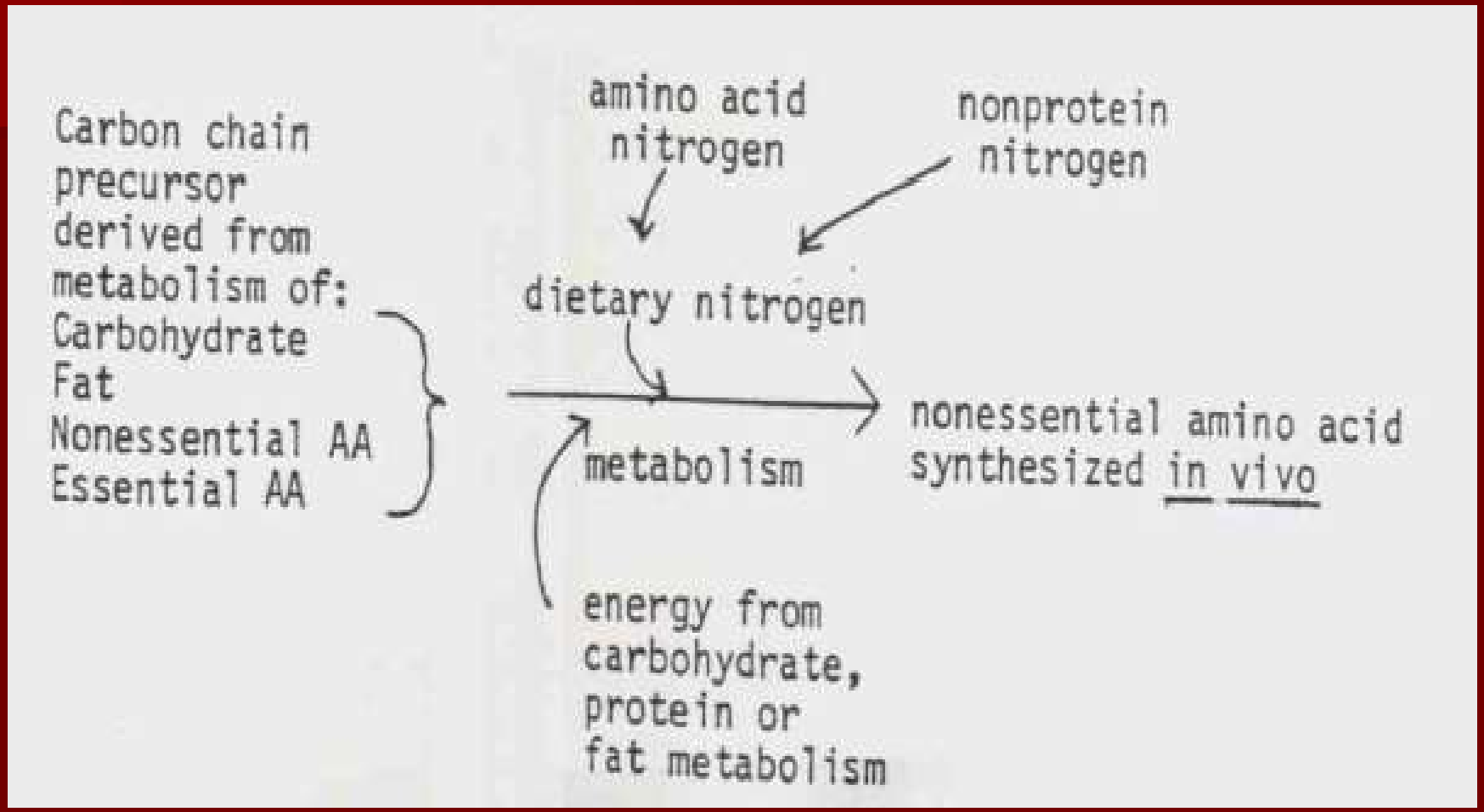
III. Heterocyclic amino acids


Histidine, $C_6H_9N_3O_2$
α-Amino-β-imidazole-propionic acid

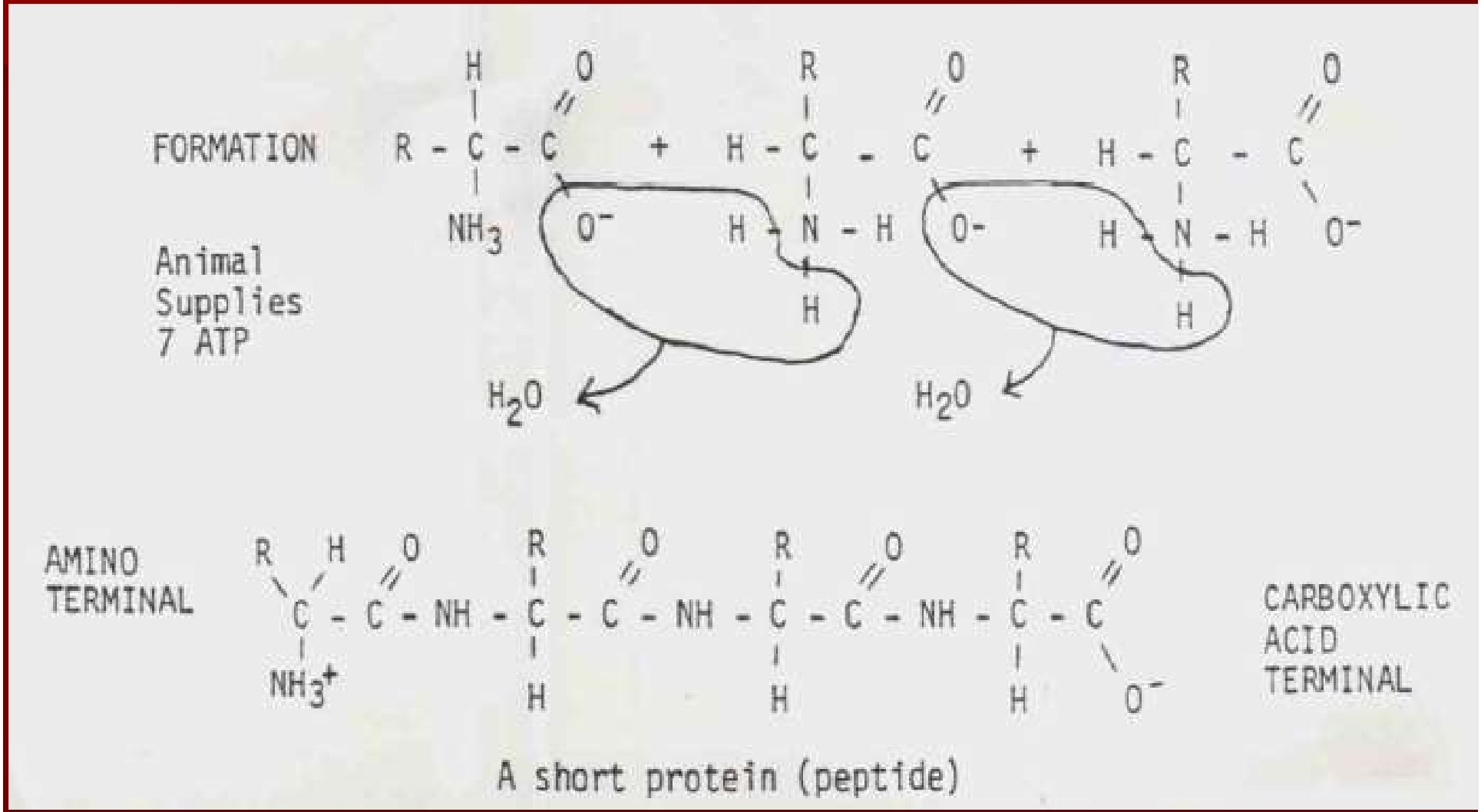

*Proline, $C_5H_9NO_2$
Pyrrolidine-α-carboxylic acid


Hydroxyproline, $C_5H_9NO_3$


*Tryptophan, $C_{11}H_{12}N_2O_2$


Carbon chain precursor derived from metabolism of:
Carbohydrate
Fat
Nonessential AA
Essential AA
amino acid nitrogen
nonprotein nitrogen
dietary nitrogen
metabolism
nonessential amino acid synthesized in vivo
energy from carbohydrate, protein or fat metabolism

پروتئینها از Condensation یا متراکم شدن اسیدهای آمینه تولید میشود.
تشکیل یک باند Peptid در بافتهای حیوانی نیاز به حدود 20 واکنش شیمیائی اصلی
و صدها واکنش حمایت کننده دارد.



منابع پروتیینها

- همه غذاهای موجود در طبیعت دارای مقداری پروتیین است اگر چه این مقدار در غذاهای مختلف متفاوت است.

	% Dry Matter	% Protein As Is Basis	% Protein Per Unit Dry Matter	Quantity of Feed Required to Consume 1 lb. of Protein "Dry Base"
Corn Grain	86.5	8.6	9.9	10.1
Alfalfa Hay	91	17.1	19.4	5.2
Corn Silage	30.0	2.3	7.7	13.0
Soybean Meal	90.0	44.0	48.9	2.0
Casein	90.0	81.8	90.0	1.1

منابع اسیدهای آمینه

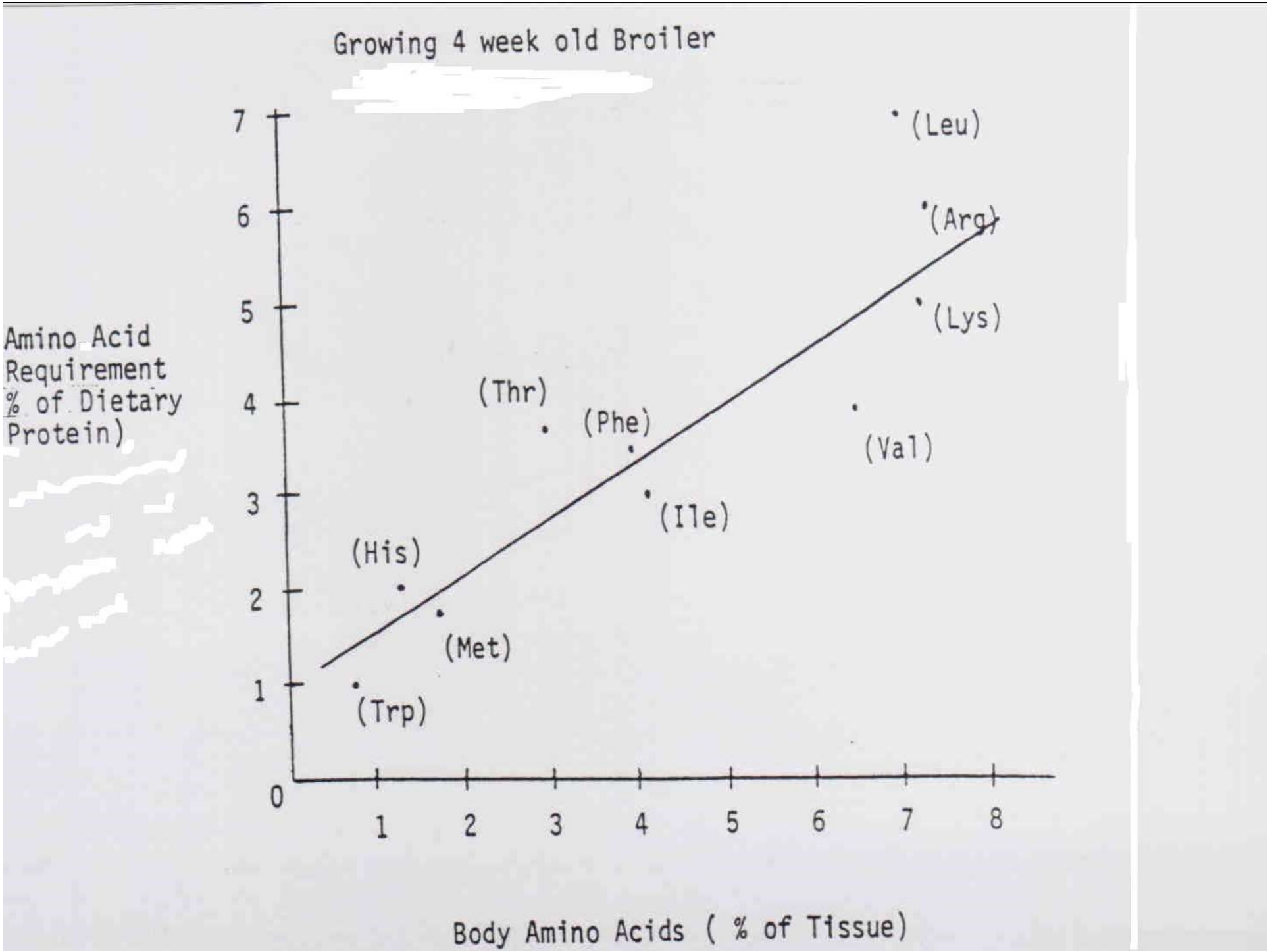
- مقدار پروتیین مواد غذایی با هم متفاوت است ولی اسیدهای آمینه آنه دار ای تفاوت بیشتر است.

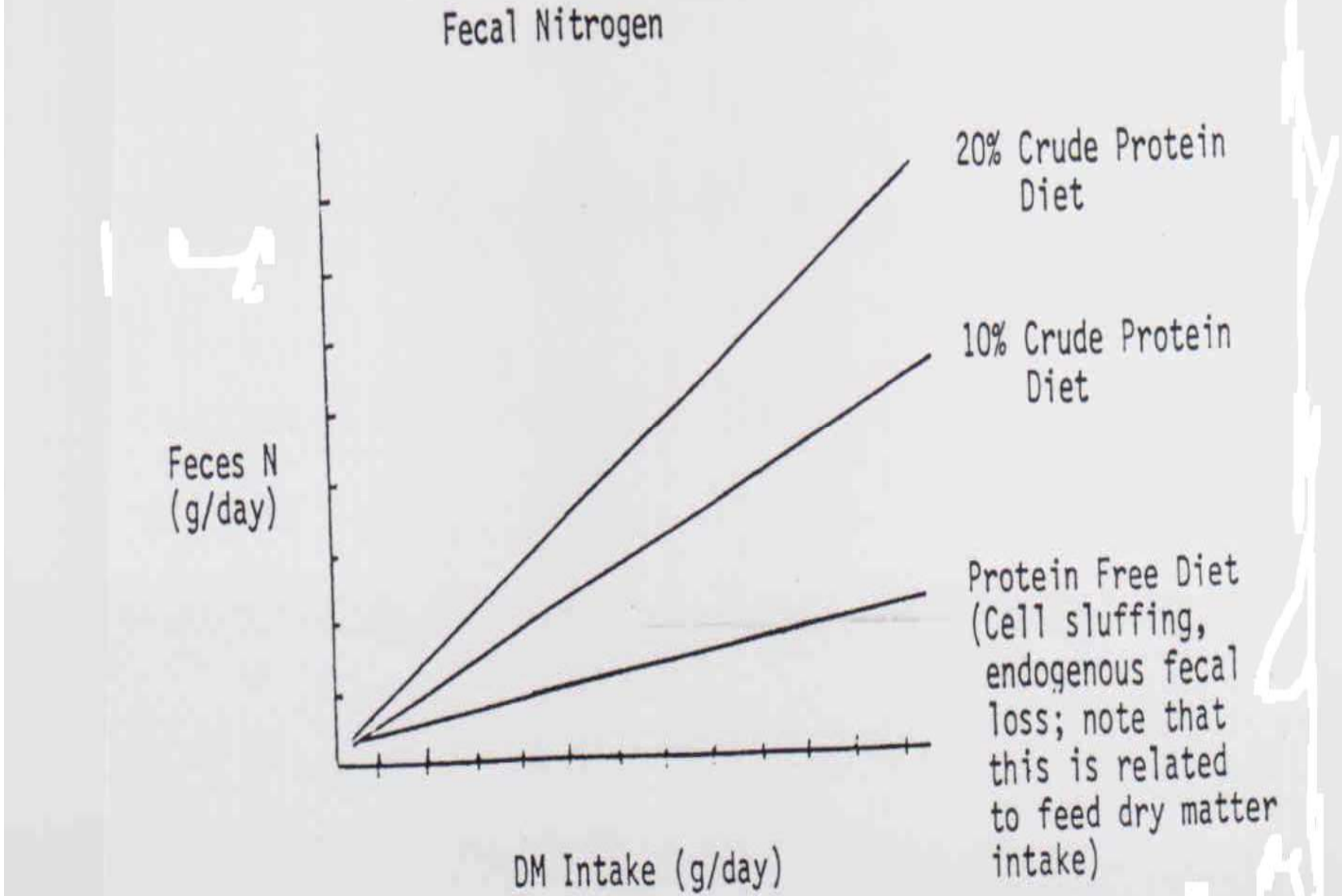
	CORN GRAIN	CORN GLUTEN MEAL	ALFALFA HAY	SOYBEAN MEAL	COTTONSEED MEAL	WHEAT GRAIN	FISH MEAL
% Protein Dry Base	10.0	47.0	19.0	57.0	44.0	16.0	66.6
AA Composition as a % of Protein *							
Phenylalanine	4.5 (.45)	6.0 (2.9)	4.2 (.8)	3.9 (2.2)	5.3 (2.3)	4.4 (.70)	4.1 (2.7)
Valine	4.0 (.36)	5.0 (2.2)	5.0 (.9)	4.2 (2.4)	4.7 (2.1)	3.8 (.60)	5.4 (3.6)
Trytophan	1.0 (.09)	.43 (.2)	2.1 (.4)	1.0 (.6)	1.5 (.65)	1.1 (.18)	.9 (.6)
Threonine	4.0 (.36)	3.0 (1.4)	4.0 (.8)	3.0 (1.7)	3.4 (1.5)	2.6 (.42)	4.4 (2.9)
Isoleucine	4.5 (.45)	4.9 (2.3)	3.7 (.7)	4.4 (2.5)	3.6 (1.6)	4.4 (.70)	6.2 (4.1)
Methionine	1.0 (.09)	2.1 (1.0)	1.0 (.2)	1.0 (.6)	1.5 (.65)	1.3 (.20)	2.7 (1.8)
Histidine	2.0 (.18)	2.1 (1.0)	2.1 (.4)	1.9 (1.1)	2.5 (1.1)	1.9 (.30)	2.4 (1.6)
Arginine	4.5 (.45)	3.0 (1.4)	3.7 (.7)	5.6 (3.2)	9.8 (4.3)	4.4 (.70)	6.0 (4.0)
Lysine	2.0 (.18)	1.7 (.8)	4.2 (.8)	5.1 (2.9)	3.9 (1.7)	2.8 (.45)	7.5 (5.0)
Leucine	10.0 (.99)	16.2 (7.6)	6.8 (1.3)	6.0 (3.4)	5.7 (2.5)	5.6 (.9)	7.5 (5.0)
Nonessential	62.5	55.6	63.2	63.9	58.1	67.7	52.4
Quantity of Protein Required for Growing Pig to Consume 1 gram Lysine	50	58	23	19	25	35	12
Quantity of Feed Required (g) for Growing Pig to Consume 1 gram Lysine	555	125	128	34	58	222	18

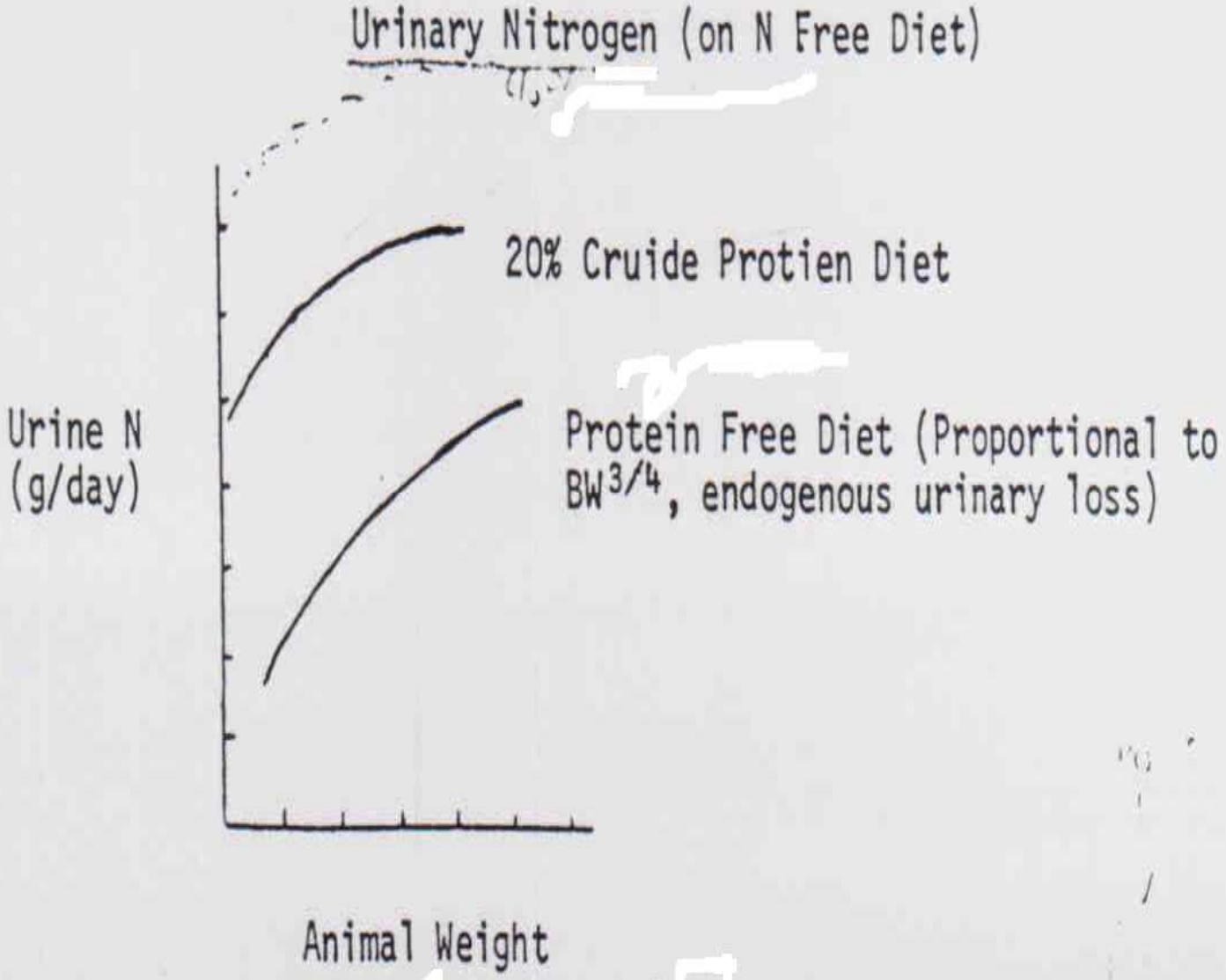
*Numbers in parentheses are amino acid concentrations as a % of the feedstuff (DM basis).
Numbers not in parentheses represent amino acid concentrations as a % of the ~~feed~~ (DM basis).

Amino Acids Considered to be Essential

	Growing Poultry	Growing Swine	Growing Equine	Growing Beef Cattle	Growing Lamb
Essential Amino Acids AA not synthesized <u>in vivo</u>	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	Phenylalanine Valine Trytophan Threonine Isoleucine Methionine Histidine Arginine Lysine Leucine	? Normally considered to be the same as swine.	?
Partial systhesis <u>in vivo</u>	Tyrosine Cystine Hydroxylysine Glycine or Serine	Tyrosine Cystine	?	?	?

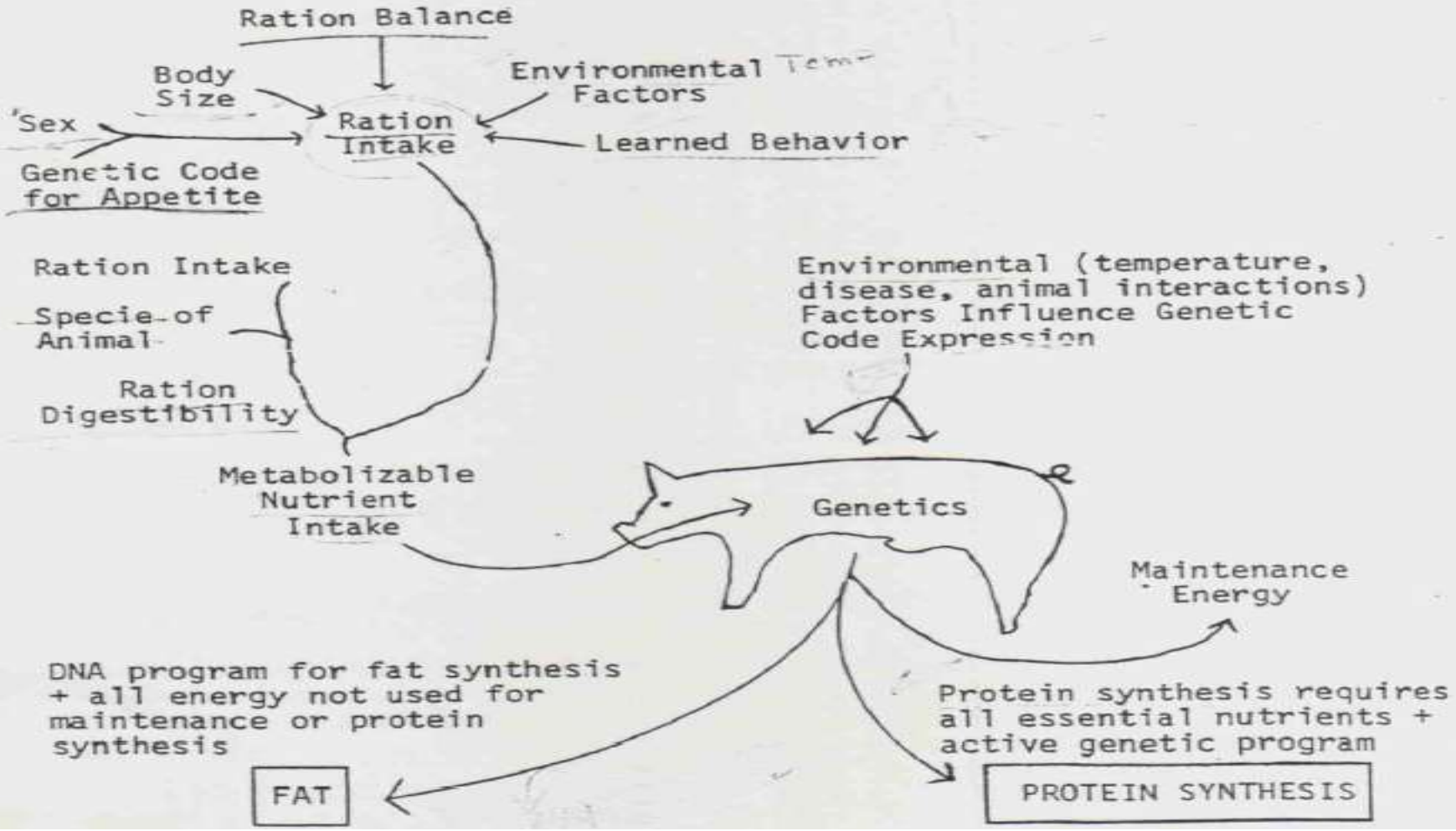

Growing 4 week old Broiler
Amino Acid Requirement % of Dietary Protein)
Body Amino Acids (% of Tissue)
(Leu)
(Arg)
(Lys)
(Thr)
(Phe)
(Val)
(Ile)
(His)
(Met)
(Trp)
0
1
2
3
4
5
6
7
8


Fecal Nitrogen
20% Crude Protein Diet
10% Crude Protein Diet
Protein Free Diet (Cell sluffing, endogenous fecal loss; note that this is related to feed dry matter intake)
Feces N (g/day)
DM Intake (g/day)


Urinary Nitrogen (on N Free Diet)
20% Cruide Protien Diet
Urine N
(g/day)
Protein Free Diet (Proportional to
BW3/4, endogenous urinary loss)
Animal Weight

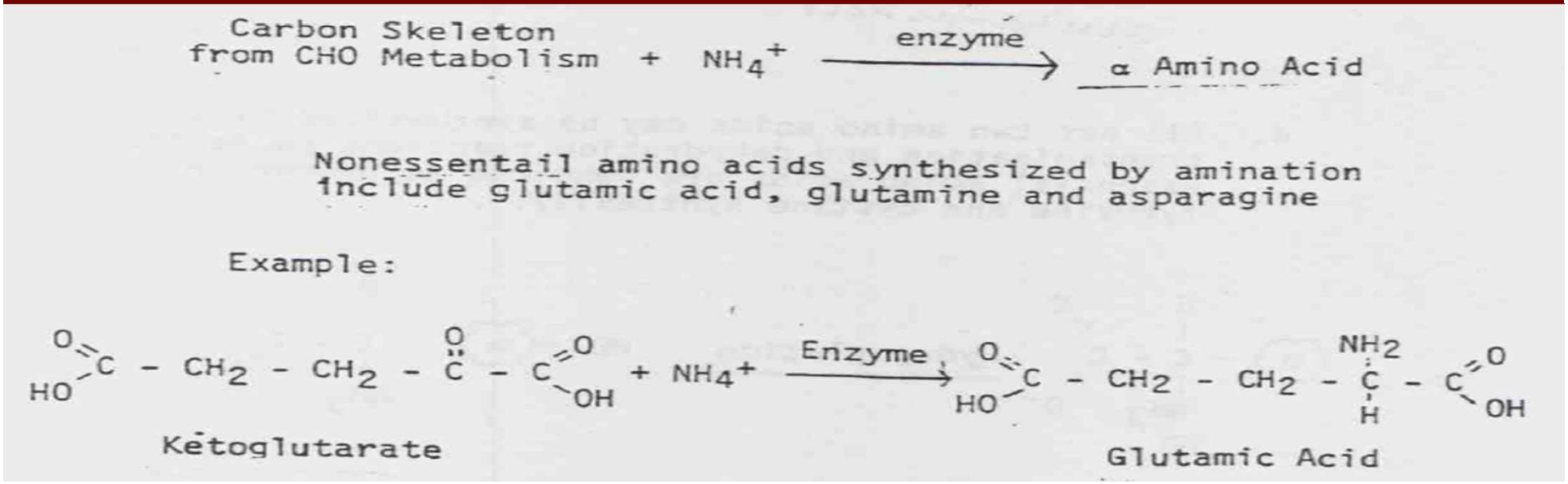
VIII. In vivo amino acid metabolism

Ideally we would like to incorporate all absorbed dietary amino acids into animal proteins as it is quite costly to feed livestock protein. However, many factors must work in concert to transform dietary amino acids into animal protein. Currently much research is going on around the world to find ways of increasing amino acid utilization of domestic animals.

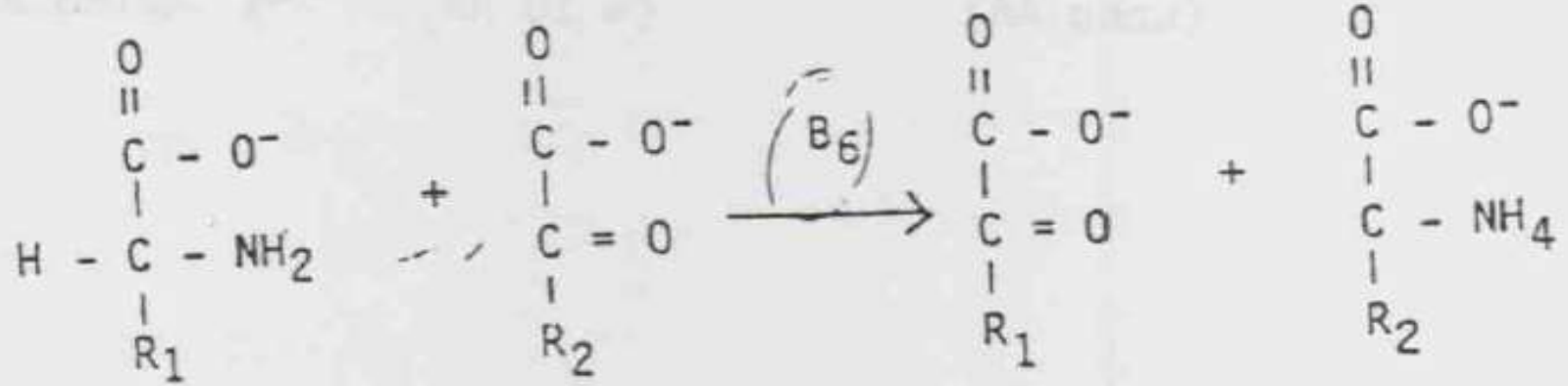


ساخت اسيدهاي آمينه غيرضروري

- اغلب براي پروتئنن سازي انتفاق مي افتد.
  - اسيدهاي آمينه غيرضروري حدود 40% بافت پروتئيني را تشكيل ميدهند.
- 1- آموناسيون (Amination)



2. Transamination is the transfer of amino group from amino acid (essential, nonessential) to a α keto acid



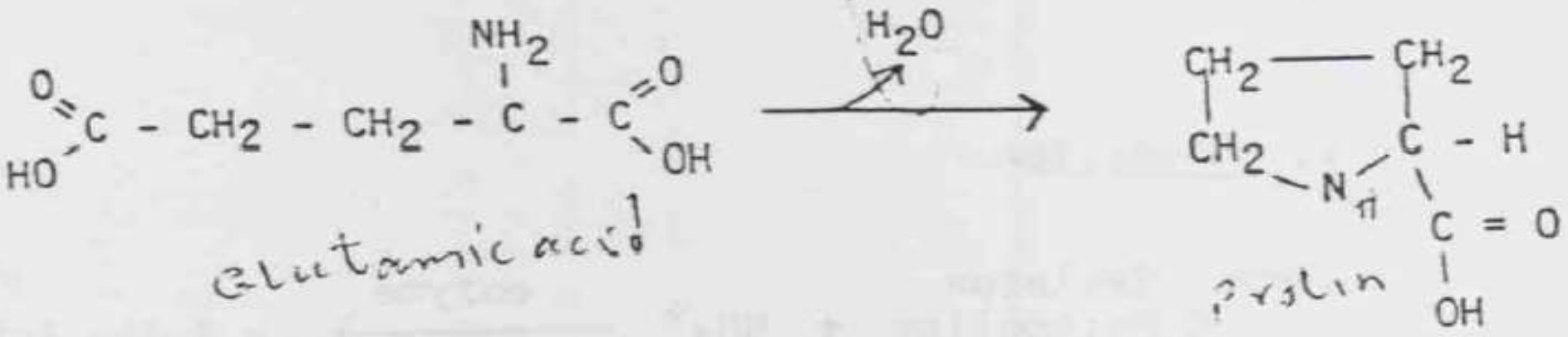
Amino Acid α Ketoacid α Ketoacid Amino Acid

Transamination occurs mainly in liver and only to a smal extent in muscle.

Amino acids synthesized via transamination include:

alanine (glutamic, pyruvate);
aspartic (glutamate, oxaloacetate);
serine (3-phosphoglycerate, glutamate)

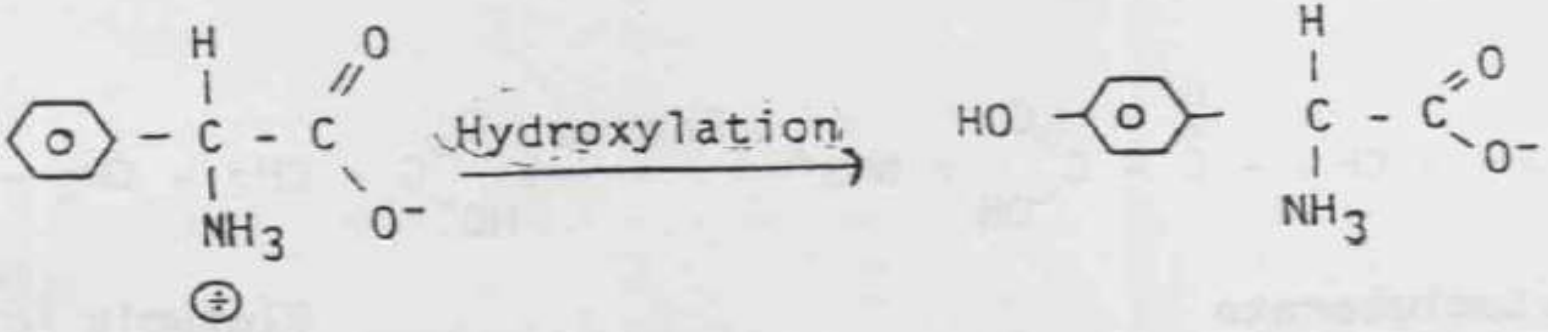
3. Dehydration:



glutamic acid

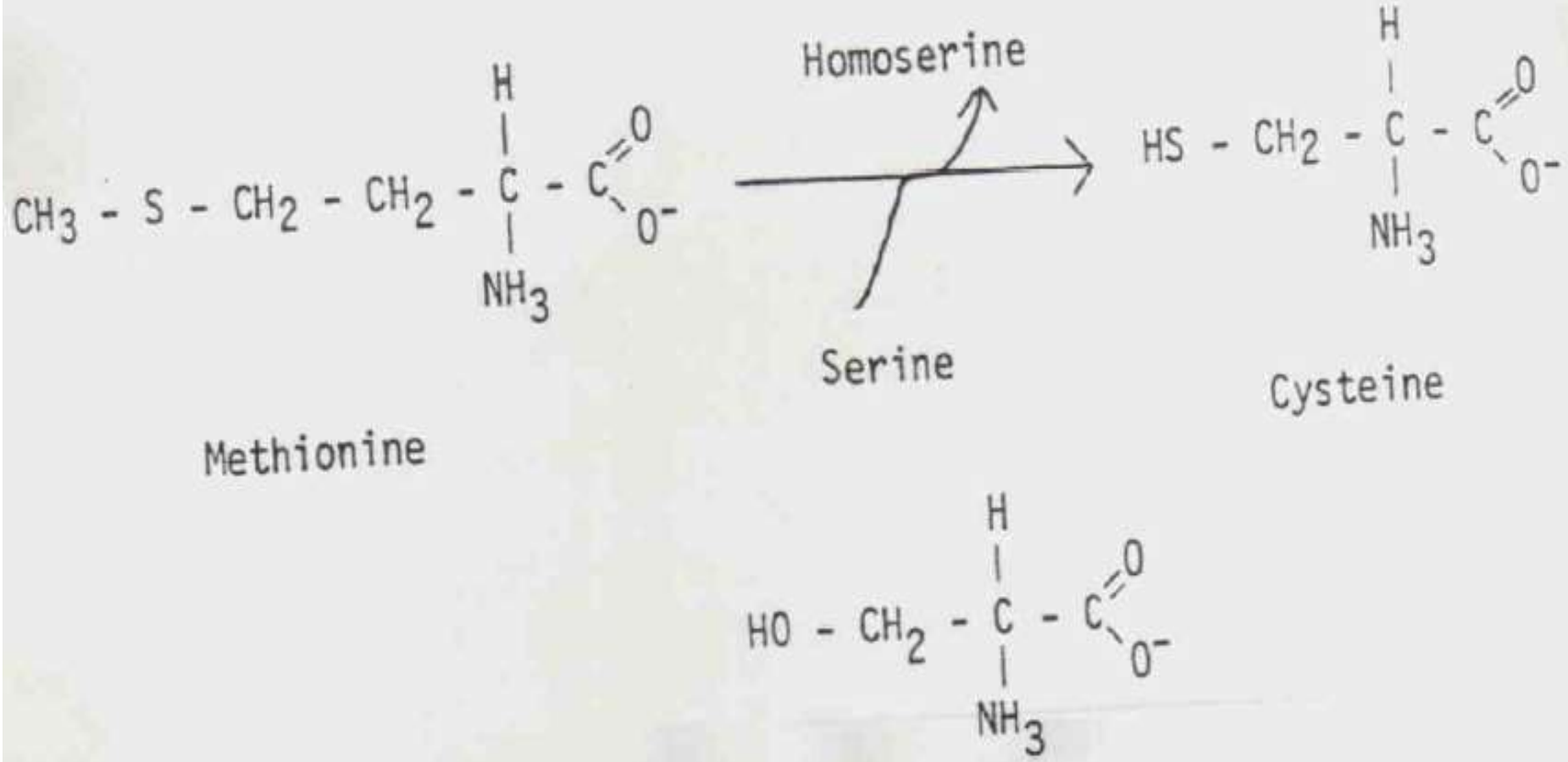
proline

4. All but two amino acids may be synthesized by amination, transamination and dehydration reactions (note that essential amino acids are required as precursors for tyrosine and cystine synthesis).

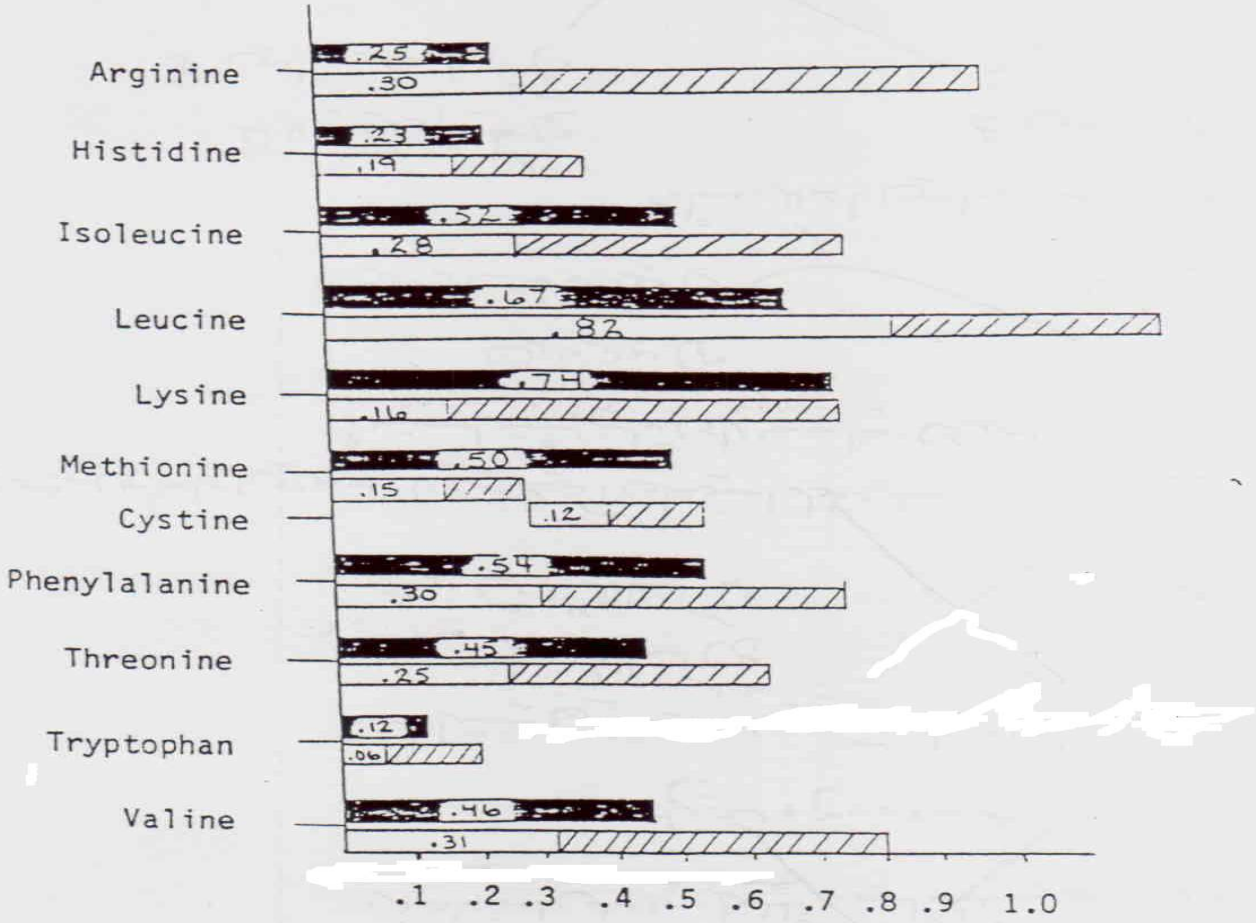


Phenylalanine

Tyrosine


Homoserine
Serine
Cysteine
Methionine

Complimentary Effect Demonstration



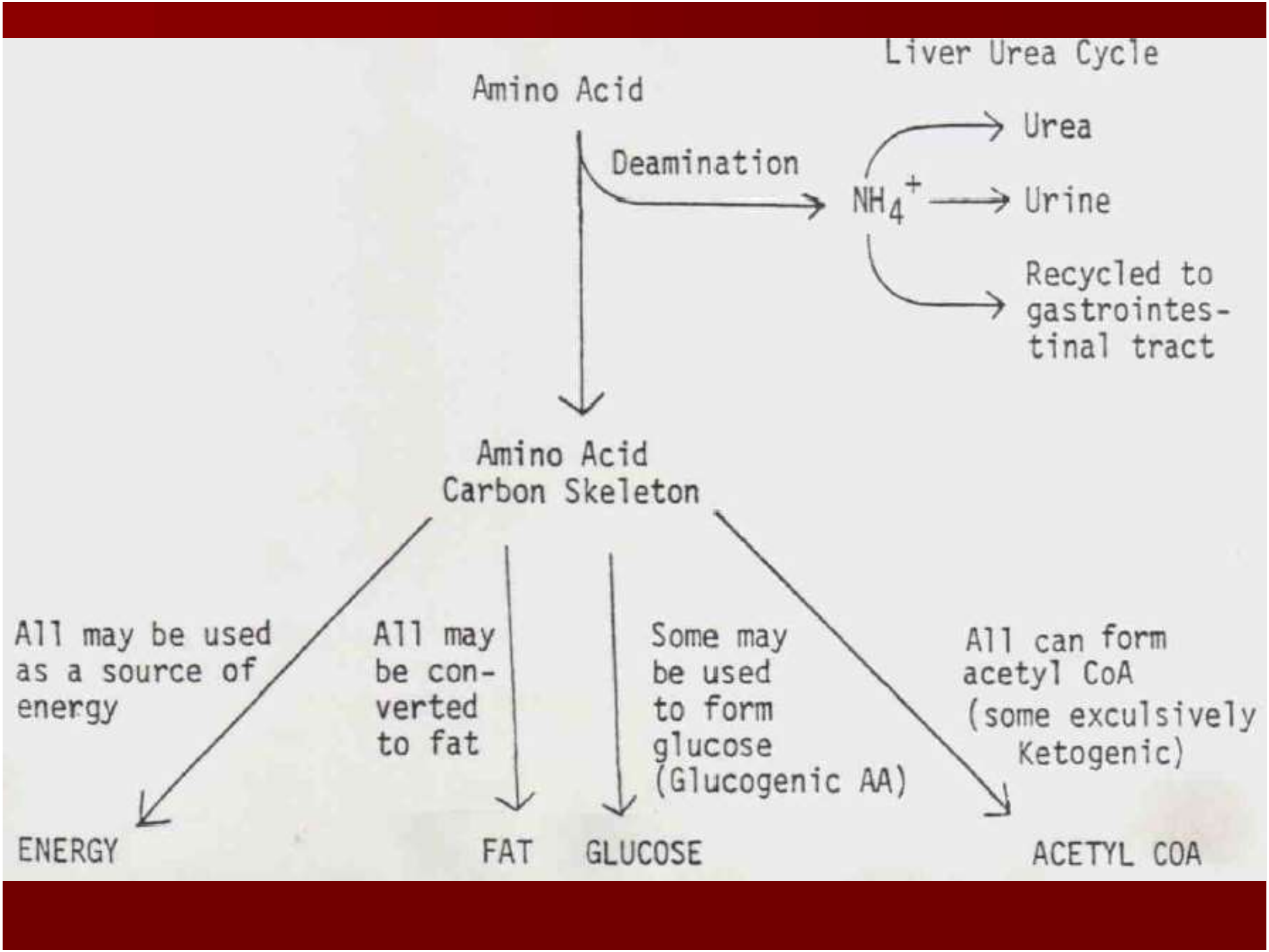
Cystine will replace 40% of the methionine requirement

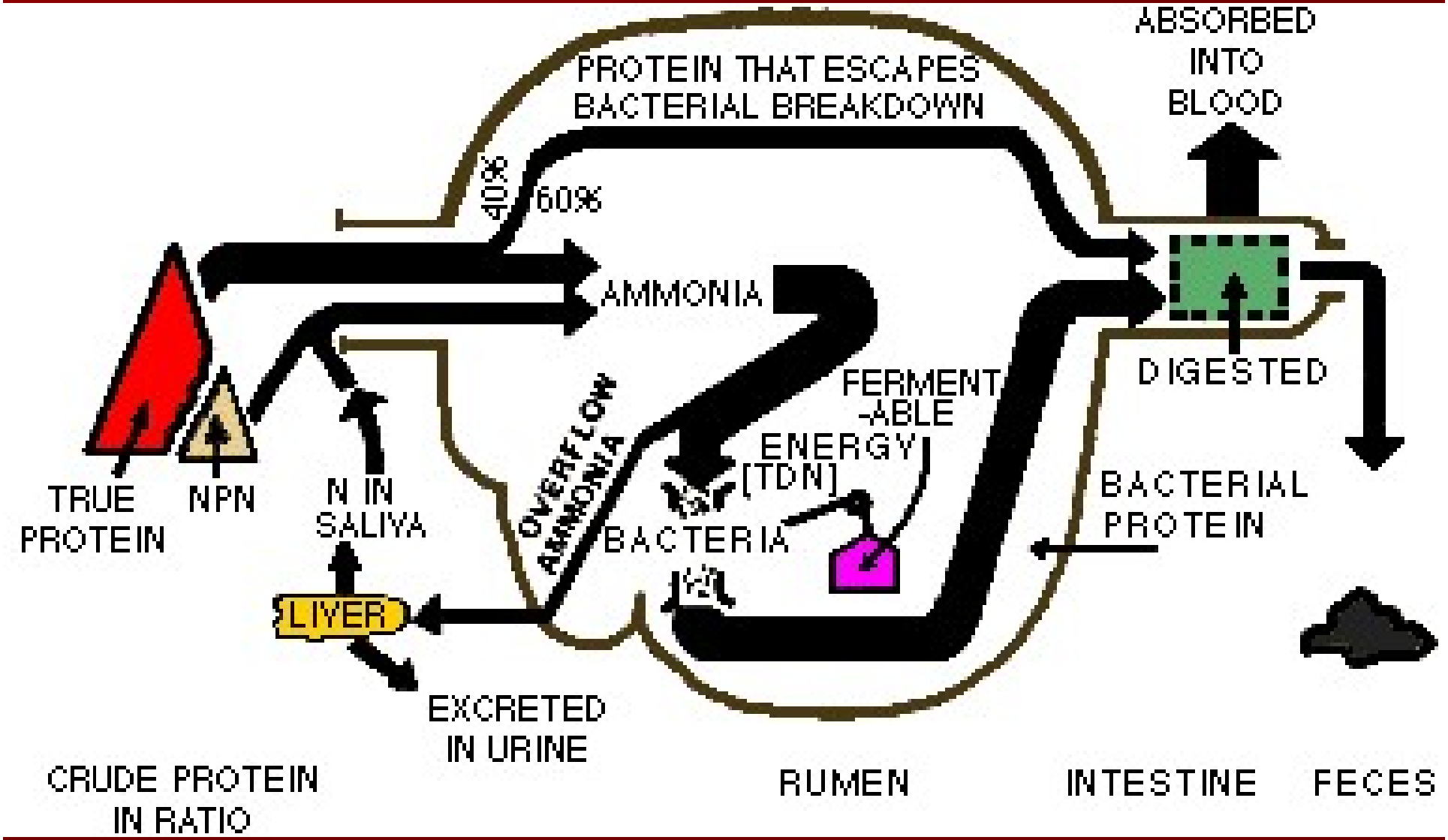
amino acid requirement

amino acid supplied by corn

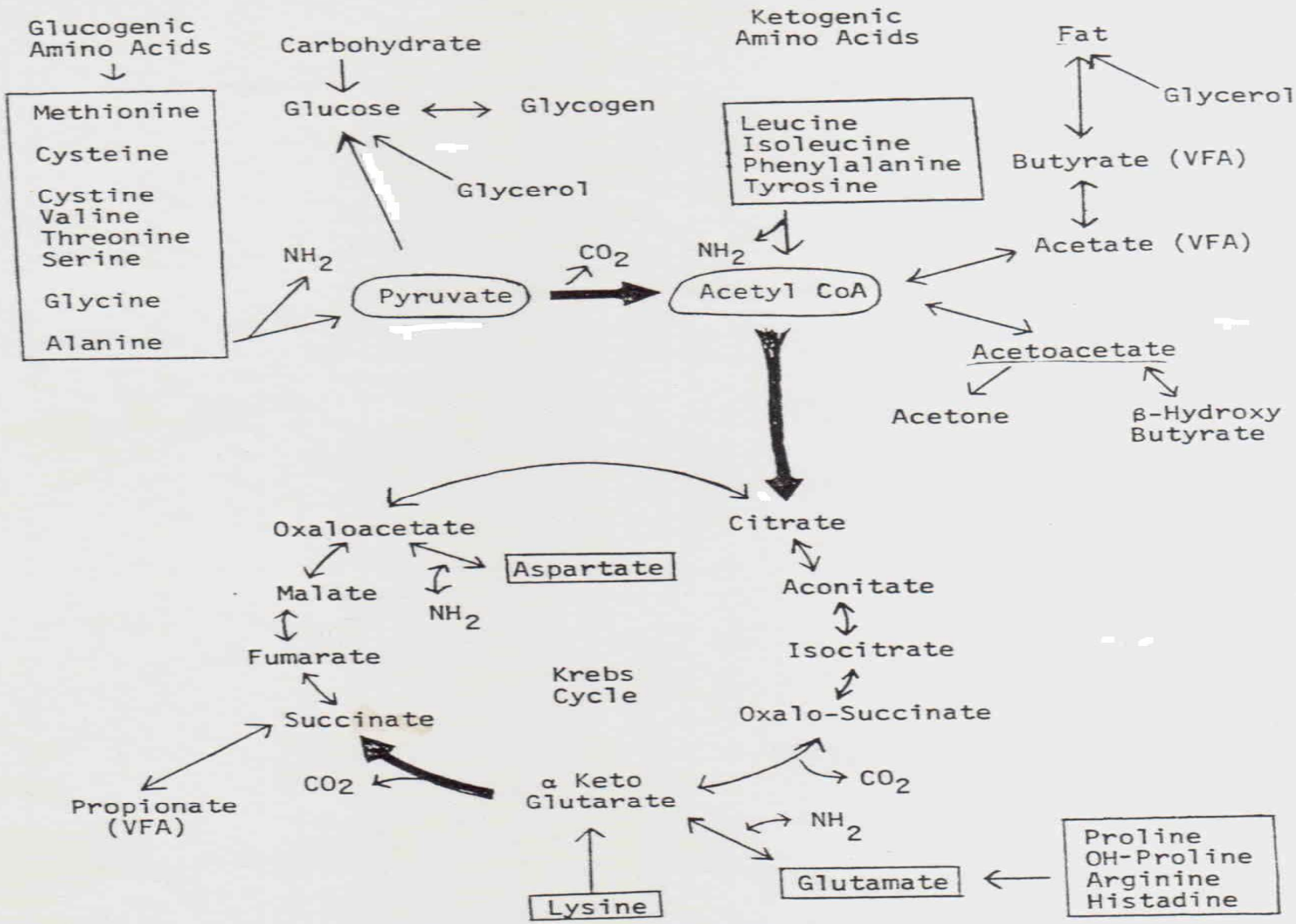
amino acid supplied by soybean meal

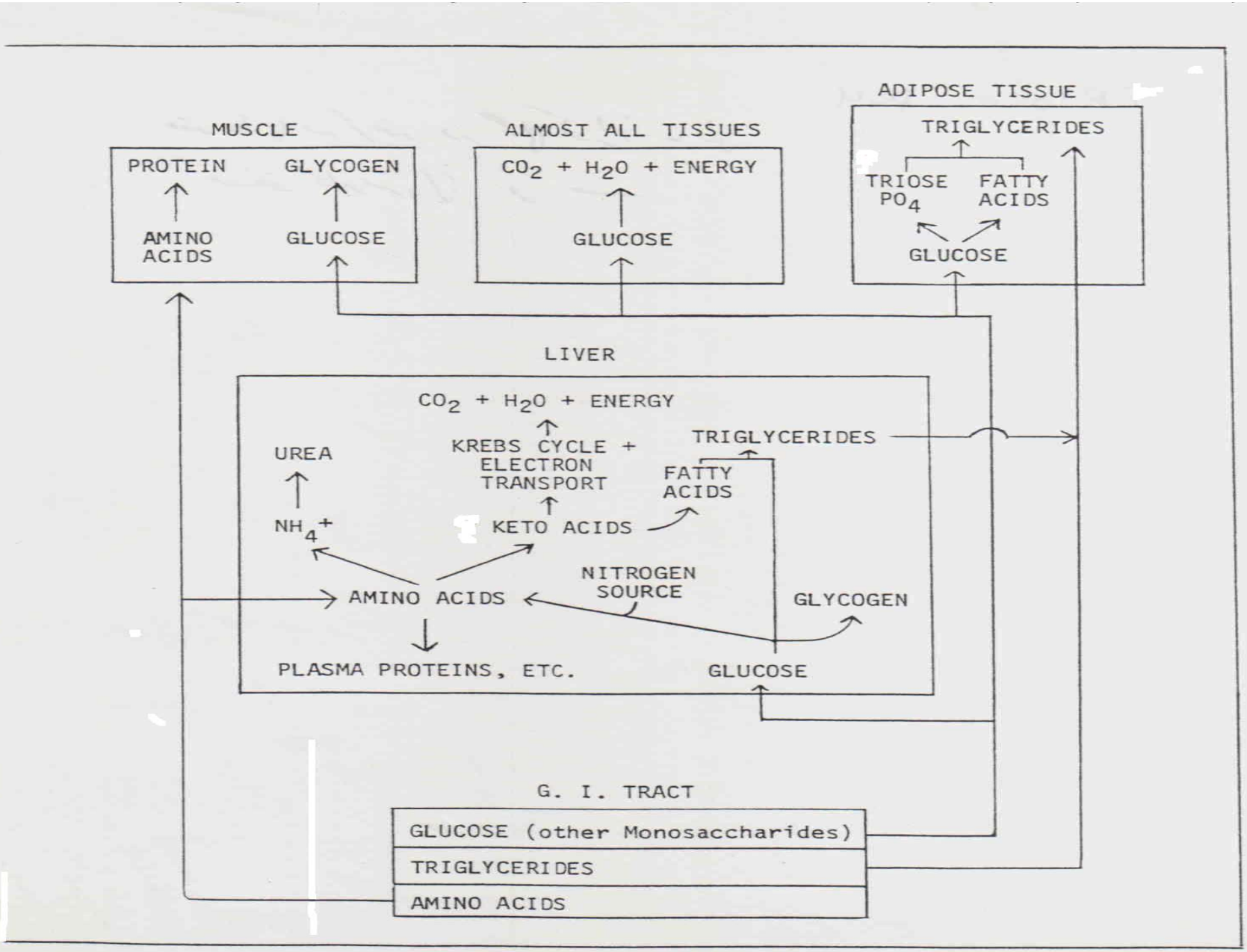
Essential amino acids contributed by corn and soybean meal in comparison to the requirement for the growing pig (weaning to 75 lb.).


Liver Urea Cycle
Amino Acid
Deamination
Urea
NH_4^+
Urine
Recycled to gastrointes-tinal tract
Amino Acid Carbon Skeleton
All may be used as a source of energy
All may be con-verted to fat
Some may be used to form glucose (Glucogenic AA)
All can form acetyl CoA (some exculsively Ketogenic)
ENERGY
FAT
GLUCOSE
ACETYL COA

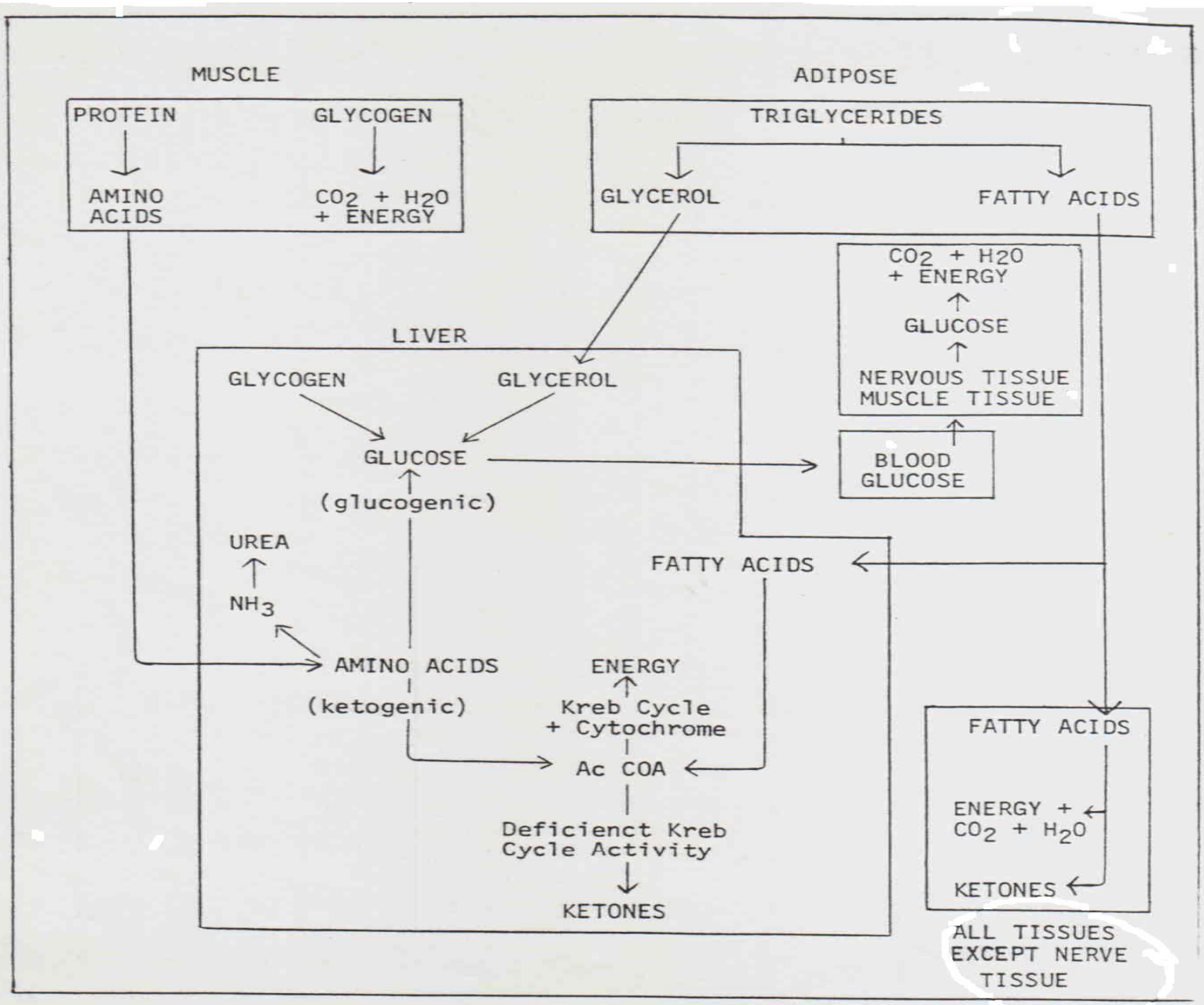

PROTEIN THAT ESCAPES
BACTERIAL BREAKDOWN
ABSORBED
INTO
BLOOD
40%
60%
AMMONIA
DIGESTED
FERMENT
-ABLE
ENERGY
[TDN]
OVERFLOW
AMMONIA
TRUE
PROTEIN
NPN
N IN
SALIVA
BACTERIA
BACTERIAL
PROTEIN
LIVER
EXCRETED
IN URINE
CRUDE PROTEIN
IN RATIO
RUMEN
INTESTINE
FECES

INTERMEDIARY METABOLISM OF CARBOHYDRATE, PROTEIN AND FAT

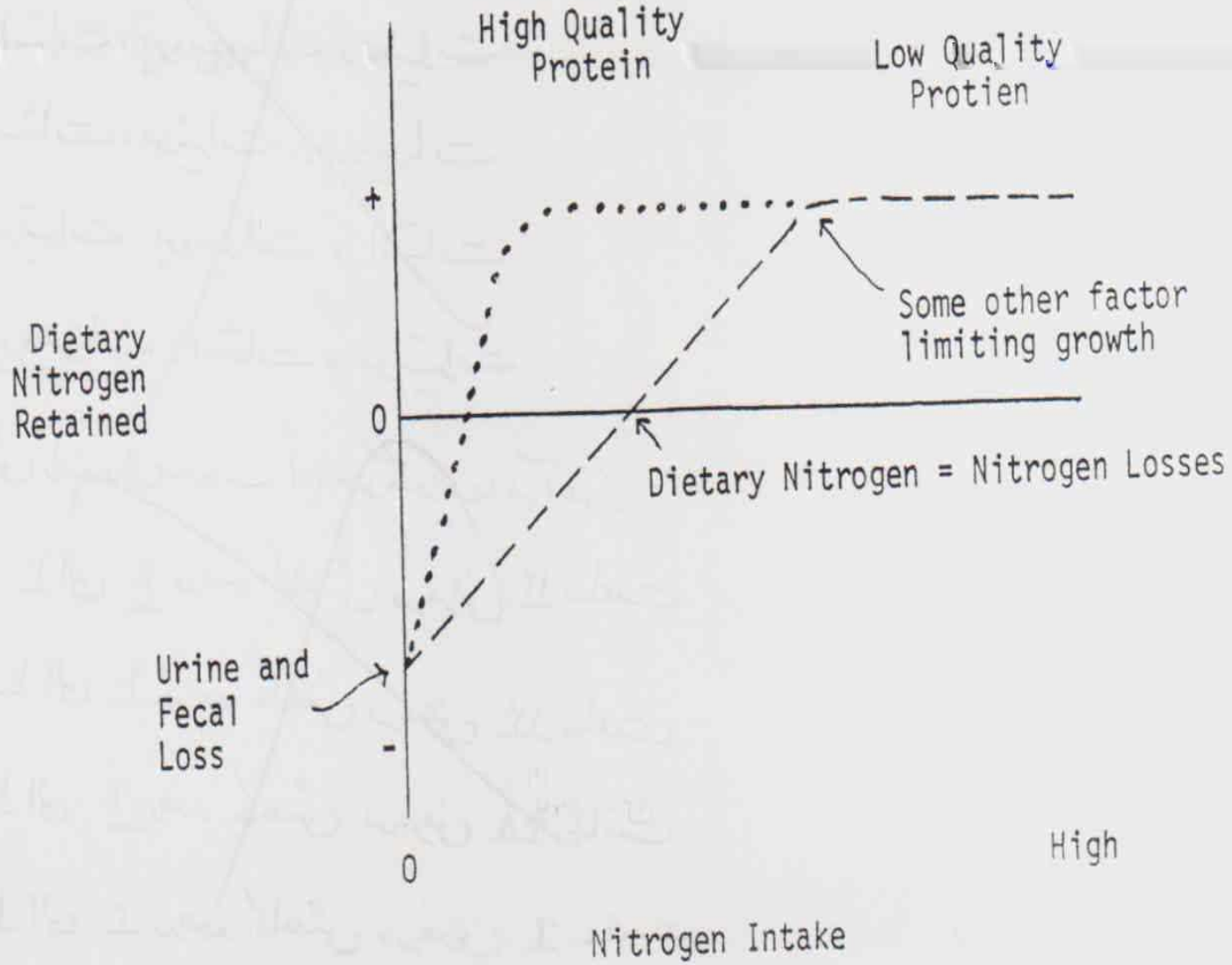


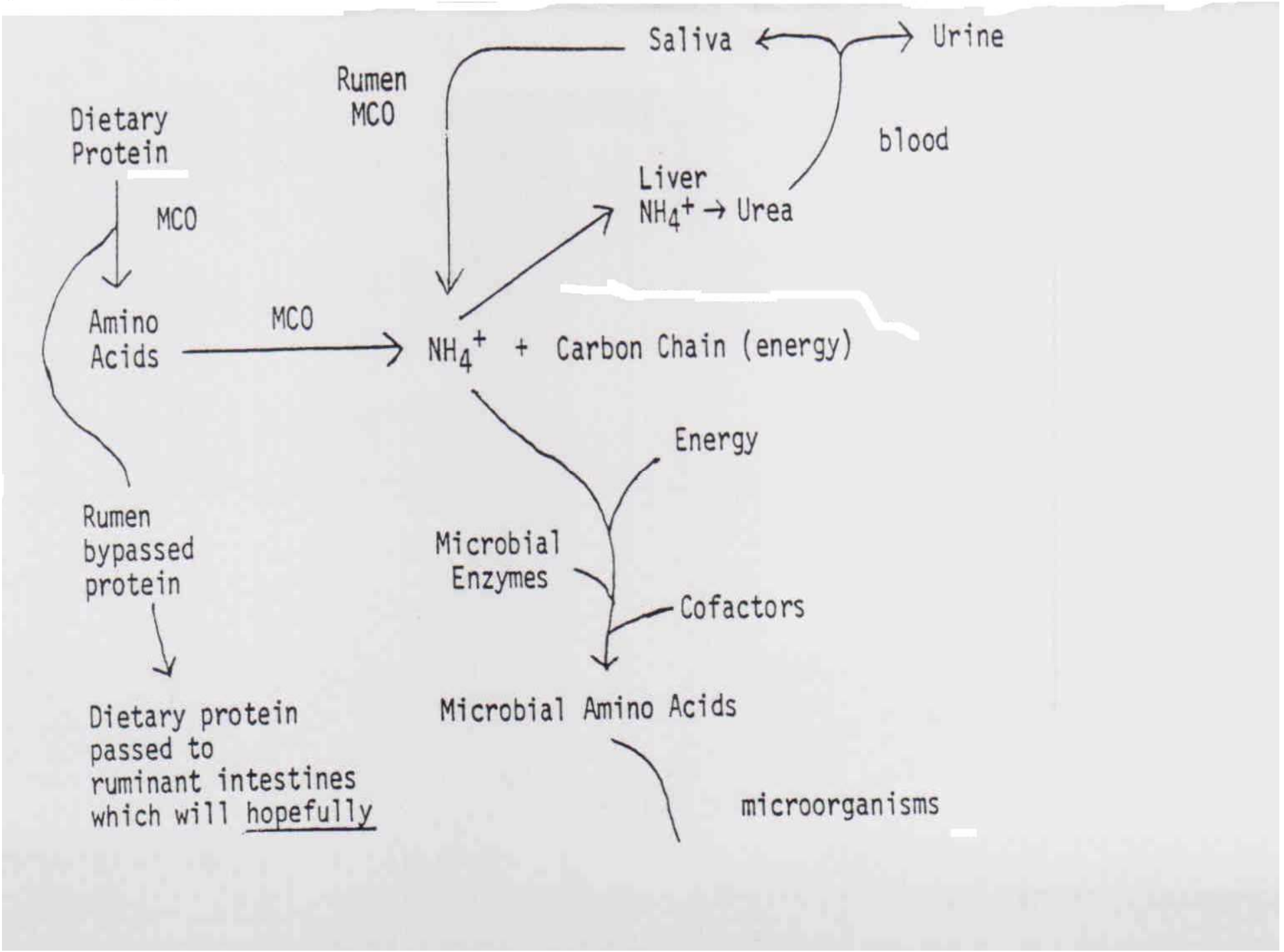


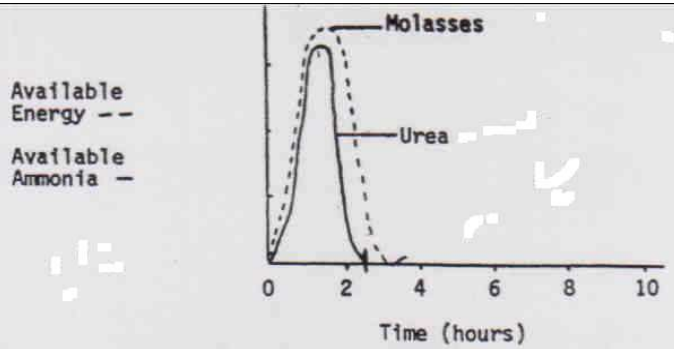
Major Metabolic Pathways of an Animal in Positive Energy Balance
(Gaining Weight)

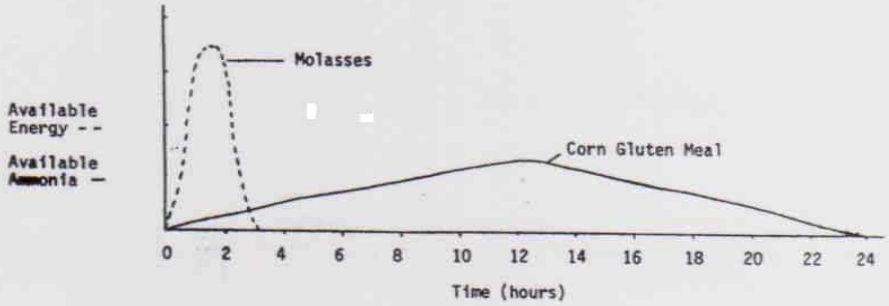


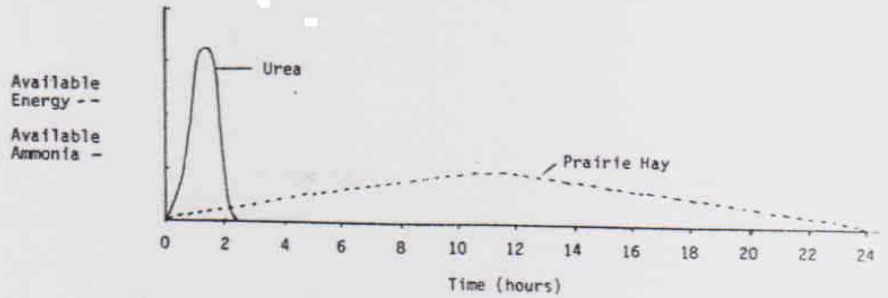
Major Metabolic Pathways of an Animal in Negative Energy Balance

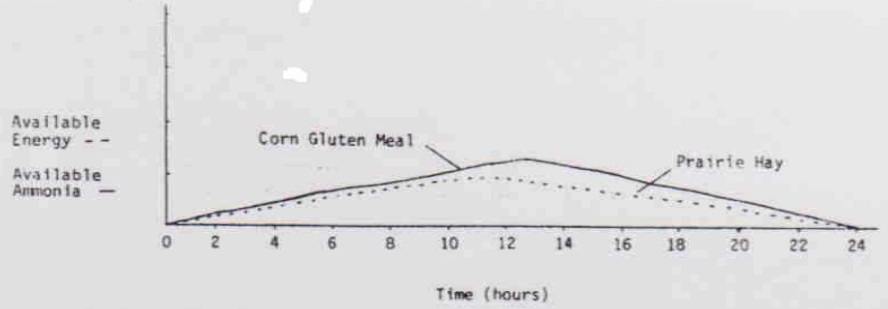

High Quality Protein
Low Quality Protien
+
Dietary Nitrogen Retained
0
Some other factor limiting growth
Dietary Nitrogen = Nitrogen Losses
Urine and Fecal Loss
-
0
High
Nitrogen Intake

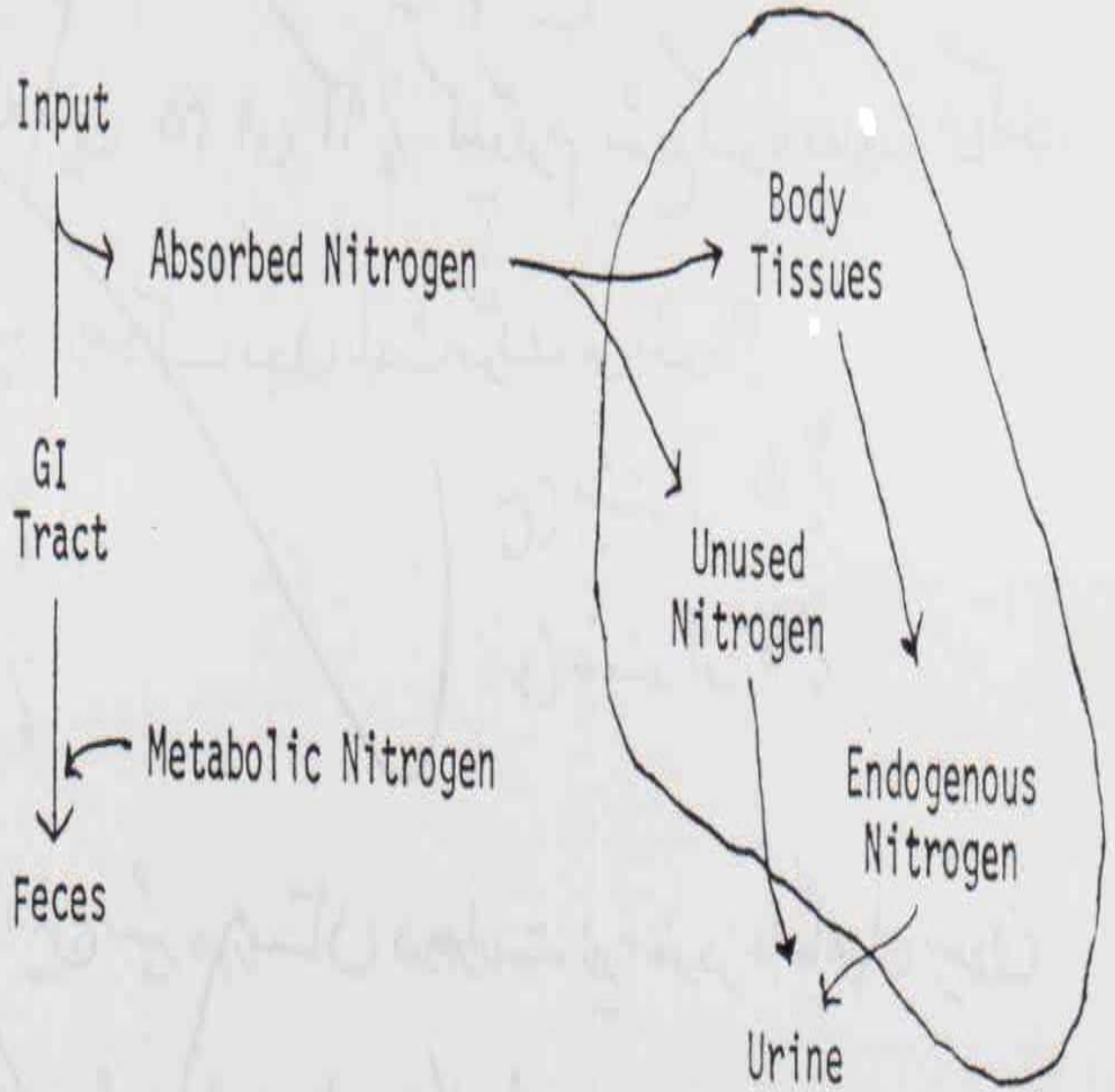

Saliva
Urine
Rumen
MCO
Dietary
Protein
blood
Liver
$NH_4^+ \rightarrow$ Urea
MCO
Amino
Acids
MCO
NH_4^+ + Carbon Chain (energy)
Energy
Rumen
bypassed
protein
Microbial
Enzymes
Cofactors
Dietary protein
passed to
ruminant intestines
which will hopefully
Microbial Amino Acids
microorganisms


Molasses
Urea
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10
Time (hours)


Molasses
Corn Gluten Meal
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)


Urea
Prairie Hay
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)


Corn Gluten Meal
Prairie Hay
Available Energy --
Available Ammonia —
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Time (hours)


Input
Absorbed Nitrogen
Body Tissues
GI Tract
Unused Nitrogen
Metabolic Nitrogen
Endogenous Nitrogen
Feces
Urine