دانشکده کشاورزی
گروه علوم دامی

تغذیه تکمیلی

Advanced Animal Nutrition

محمد خوروش

تغذیه و واژه شناسی

- تعریف: دانش رسانش مواد مغذی به بافت های بدن
- شامل: رفتار خوردن و آشامیدن، هضم و جذب و سوخت و ساز مواد غذایی و دفع مواد زائد
- هدف: تامین سلامتی یا حفظ هومئوستاز بدن و در دامپروری تولید اقتصادی مواد غذایی
- هومئوستاز: حفظ شرایط پایدار و ثابت در محیط داخلی بدن

تغذیه و واژه شناسی

- تغذیه کیفی
  - مواد مغذی
  - هضم، جذب و سوخت و ساز
  - نقش مواد مغذی، کمبود و بیش بود
- تغذیه کمی:
  - مقدار مواد مغذی
  - مقدار هضم، جذب و سوخت و ساز
  - مقدار مواد مغذی مورد نیاز و کمبود و بیش بود
- مقدار مواد مغذی غذاها و احتیاجات بدن به مواد مغذی

تغذیه و واژه شناسی

- **Nutrient**
- ماده مغذی: ماده ای دارای ارزش غذایی جهت فعل و انفعالات مورد نیاز بدن (40 ماده مغذی)
  - آب
  - ماده خشک (DM)
  - ماده آلی (کربوهیدرات، چربی، پروتئین و ویتامین ها)
  - خاکستر (مواد معدنی)
- **Food (Feed)**
- غذا (خوراک): ماده یا ترکیب حاوی مواد مغذی قابل خوردن

تغذیه و واژه شناسی

- **Digestion**
- هضم: تبدیل فیزیکوشیمیایی پلیمرهای مواد غذایی به مونومرها یا مواد ساده تر قابل جذب
  - تبدیل فیزیکی
  - نیروهای مکانیکی جویدن، نشخوار کردن و انقباضات عضلانی
  - تبدیل شیمیایی
  - عمل اسید، بافر، صفرا و آنزیمها

تغذیه و واژه شناسی

- **Degradation**
  - تبدیل فیزیکوشیمیایی پلیمرهای مواد غذایی به مونومرها یا مواد ساده تر قابل جذب خواه قابل استفاده خواه غیر قابل استفاده
- **Hydrolysis**
  - فرآیند تجزیه با حضور آب
  - همان واکنش هضمی CHO، Fat و Pro در دستگاه گوارش
- **Absorption**
  - جذب : انتقال عرضی مواد غذایی از خلال دیواره مجاری گوارشی

تغذیه و واژه شناسی

- **Metabolism**
- سوخت و ساز: فعل و انفعالات یا واکنش های شیمیایی شامل کاتوبولیسم (سوخت) و آنابولیسم (ساز)

دستگاه گوارش و تغذیه

- دستگاه یا ساختمانی جهت دریافت، جویدن، بلع، هضم، جذب و دفع مواد

- اهمیت
  - تامین مواد مغذی برای حیات و دفع ترکیبات غیرضروری و یا سمی جیره

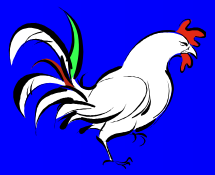
- اختلاف یا تنوع در دستگاه گوارش
  - تنوع در مواد غذایی قابل استفاده طی تکامل
  - هرچه ساختمان پیچیده تر آنگاه تنوع غذایی قابل استفاده بیشتر
  - نیاز به ساختمان پیچیده تر وقتی غذا از منابع حیوانی به سمت منابع گیاهی

تقسیم بندی حیوانات بر اساس نوع غذا

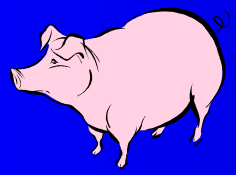
- Carnivores
  - دستگاه گوارش ساده، غذا با قابلیت هضم بالا
- Omnivores
  - دستگاه گوارش پیچیده
- Herbivores
  - دستگاه گوارش بسیار پیچیده

Types of Digestive Systems

Monogastrics



Chickens



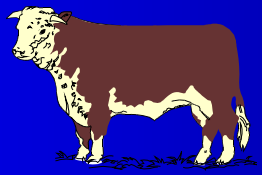
Pigs

Turkeys

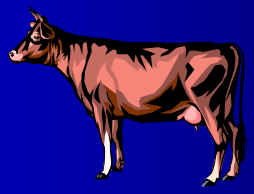
Dogs

Cats

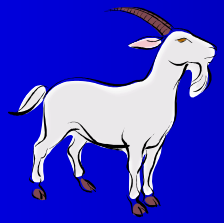
Ruminants



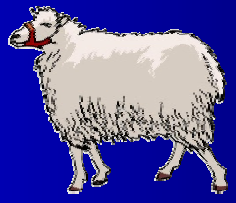
Beef Cattle



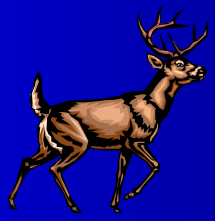
Dairy Cattle



Goats

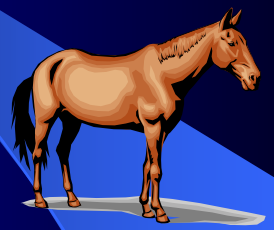


Sheep



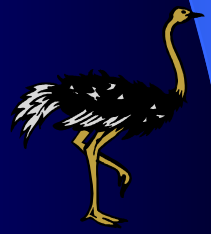
Deer

Hind Gut Fermentors



Horses

Rabbits



Ostrich

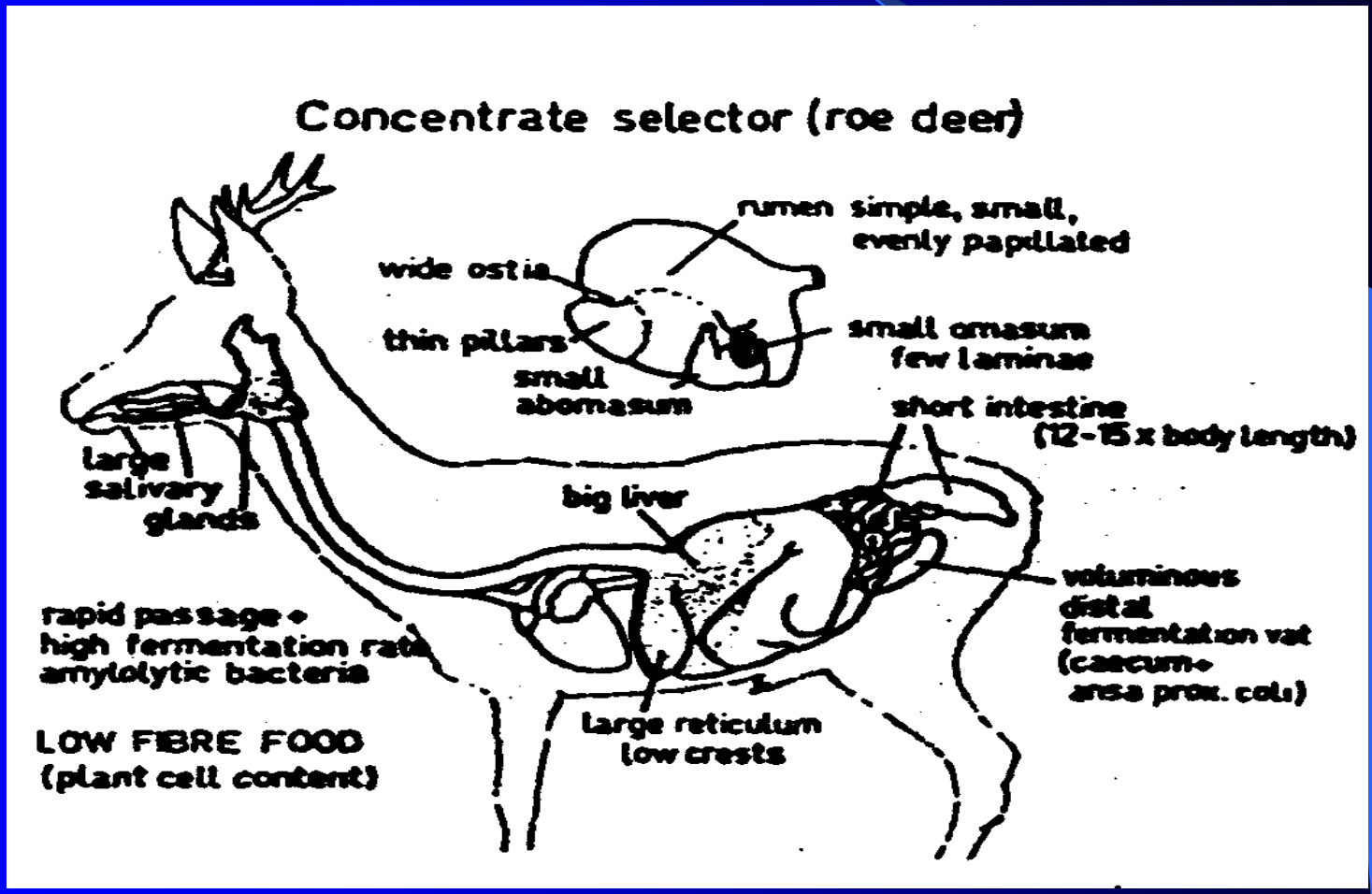
تقسیم بندی دیگر حیوانات بر اساس معده

- **Monogastric**
  - تک معده ای (غیرنشخوارکنندگان)
    - معده ساده (سگ، گربه و دیگر گوشتخواران)
    - معده ساده با هضم روده کور (اسب، خرگوش)
    - معده کیسه ایی (کانگرو)
- **Polygastric (Ruminants)**
  - نشخوارکنندگان
    - انتخابگران
    - بینابینی
    - چراکنندگان

نشخوارکنندگان

- تفاوت غذایی
  - نوع مصرف غذا، گذراندن غذا،ترشح بزاق
  - قدرت انتخاب و ترکیبات ثانویه، ماندگاری غذا، میکروب های شکمبه
- تفاوت ساختاری
  - اندازه پوزه، زبان، غدد بزاقی، فک، لب
  - شکمبه، پیلار، نگاری، منفذ عبوری، هزارلا
  - روده باریک، روده بزرگ، کبد

انتخابگر کنسانتره



چراگر

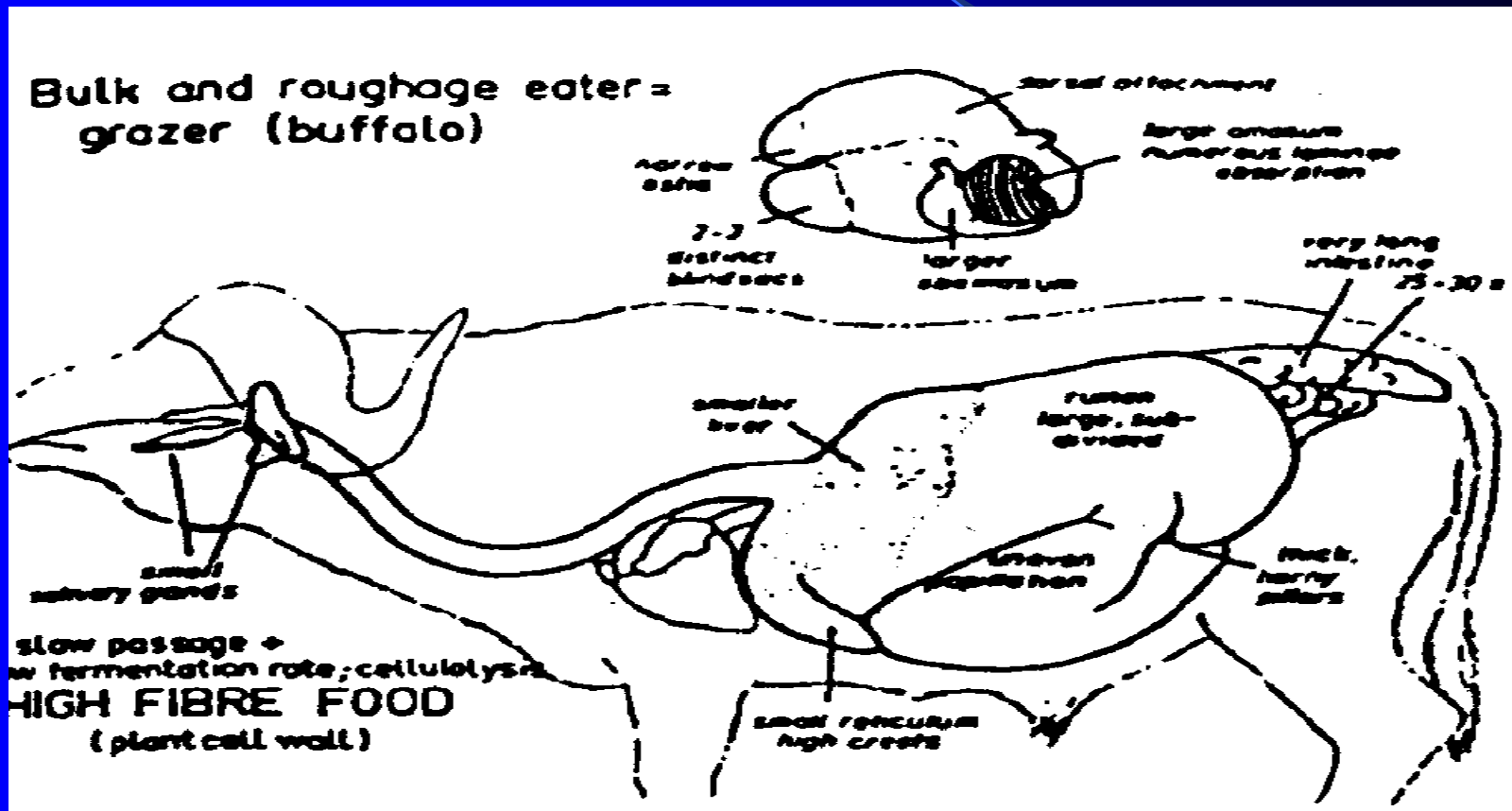
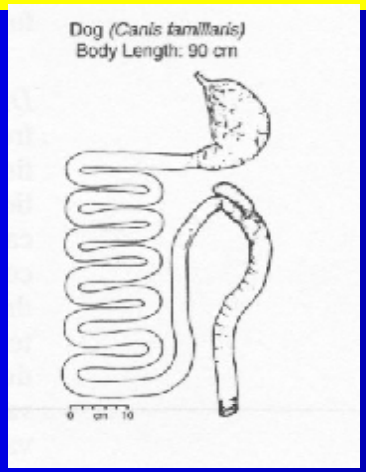


Figure 3.9. The African buffalo is a grass and roughage eater (from Hofmann, 1989).

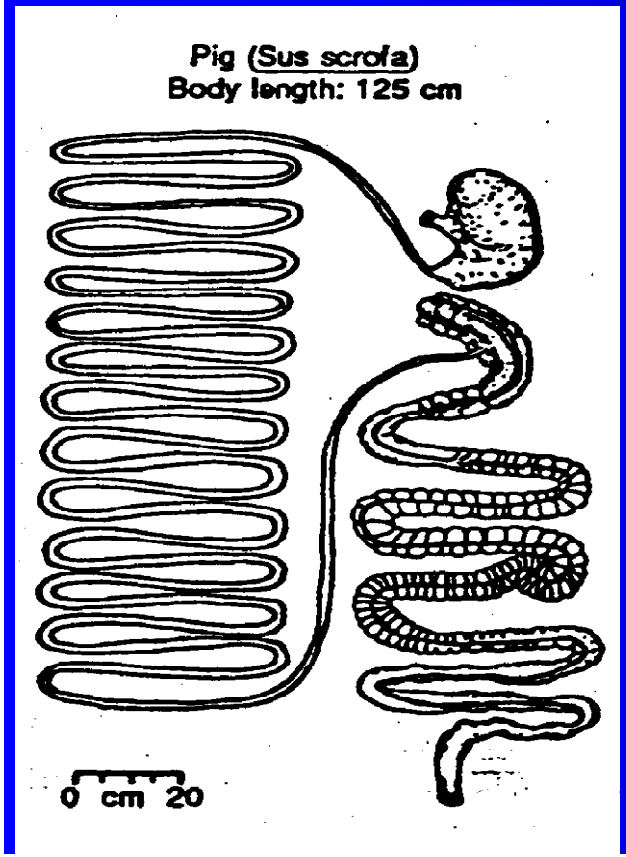
نشخوارکنندگان

- شکمبه
  - گنجایش 160 لیتر در گاو و 20 لیتر در گوسفند
  - انکوباتور با ورود و خروج مداوم، me 350-، c° 39، میکروبهای بی هوازی
- نگاری
  - ساختار لانه زنبوری و اتاقک دیگر تخمیر
  - کنترل عبور مواد (شکمبه، دهان، هزارلا)
- هزارلا
  - چلاندن یا کاهش حجم غذا با جذب آب

مقایسه ظرفیت دستگاه گوارش برخی گونه ها



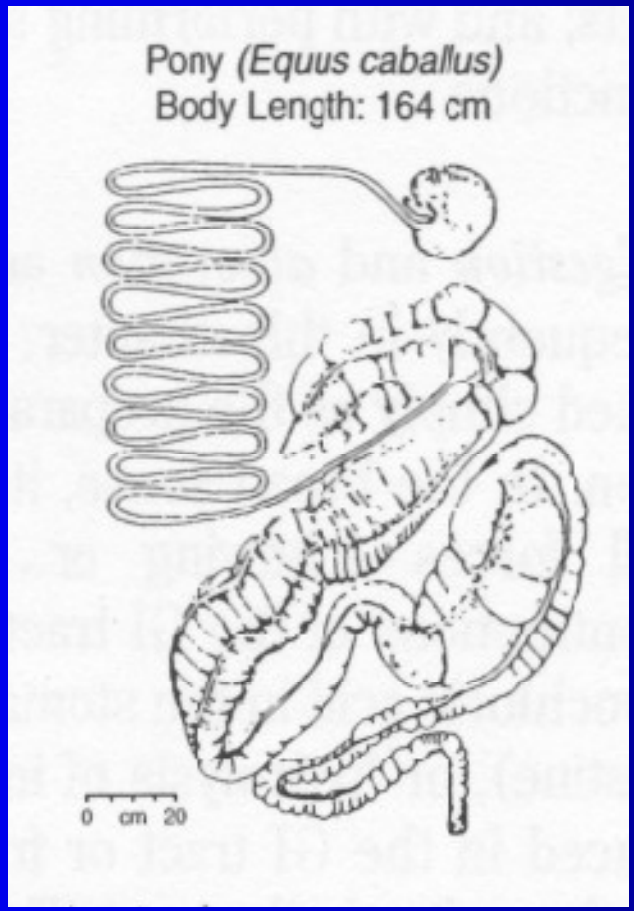
- سگ: روده باریک کوتاه



- خوک: روده باریک بزرگ

مقایسه ظرفیت دستگاه گوارش برخی گونه ها

- علفخواران و همه چیزخواران: روده فراخ بزرگ



مقایسه ظرفیت دستگاه گوارش برخی گونه ها

TABLE 4.2 Comparative capacity of the gastrointestinal tract of different species.[a]

	RELATIVE CAPACITY, %				RATIOS	
ANIMAL	STOMACH	SMALL INTESTINE	CECUM	COLON AND RECTUM	INTESTINAL TO BODY LENGTH	GASTROINTESTINAL SURFACE TO BODY SURFACE AREA
Cattle	71	18	3	8	20:1	3.0:1
Sheep, goat	67	21	2	10	27:1	
Horse	9	30	16	45	12:1	2.2:1
Pig	29	33	6	32	14:1	
Dog	63	23	1	13	6:1	0.6:1
Cat	69	15		16	4:1	0.6:1
Man	17	67		17		

[a]Values are based on old European data obtained on organs after autopsy. It should be noted that the volume of an organ after removal from the body may be quite different from the relative capacity in the live, functioning animal. Nevertheless, these data probably provide a reasonable comparison for differences in capacities of the various parts of the GI tract.

آنزیمهای هضمی دستگاه گوارش

- بزاق
- معده
- لوزالمعده
- روده
- میکروبها

آنزیمهای هضمی دستگاه گوارش

TABLE 4.5 Principal digestive enzymes secreted by the gastrointestinal tract, substrates attacked, and end products produced.

TYPE, NAME	ORIGIN	SUBSTRATE, ACTION	END PRODUCTS	COMMENTS
Amylolytic				
Salivary amylase	Saliva	Starch, dextrins	Dextrins, maltose	None in ruminants; minor importance in other species
Pancreatic amylase	Pancreas	Starch, dextrins	Maltose, isomaltose	Low in ruminants
Maltase, isomaltase	Sm. intestine	Maltose, isomaltose	Glucose	Low in ruminants
Lactase	Sm. intestine	Lactose	Glucose, galactose	High in young mammals
Sucrase	Sm. intestine	Sucrose	Glucose, fructose	None in ruminants
Oligoglucosidase	Sm. intestine	Oligosaccharides	Misc. monosaccharides	
Lipolytic				
Salivary lipase	Saliva	Triglycerides	Diglyceride + 1 fatty acid (FA)	Of minor importance in young mammals

ارزش مواد مغذی

- ترکیب شیمیایی
- هضم و جذب
  - تعریف
  - محاسبه

$$\frac{\text{مقدار ماده مغذی دفعی} - \text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}{\text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}$$

- سوخت و ساز(متابولیسم)

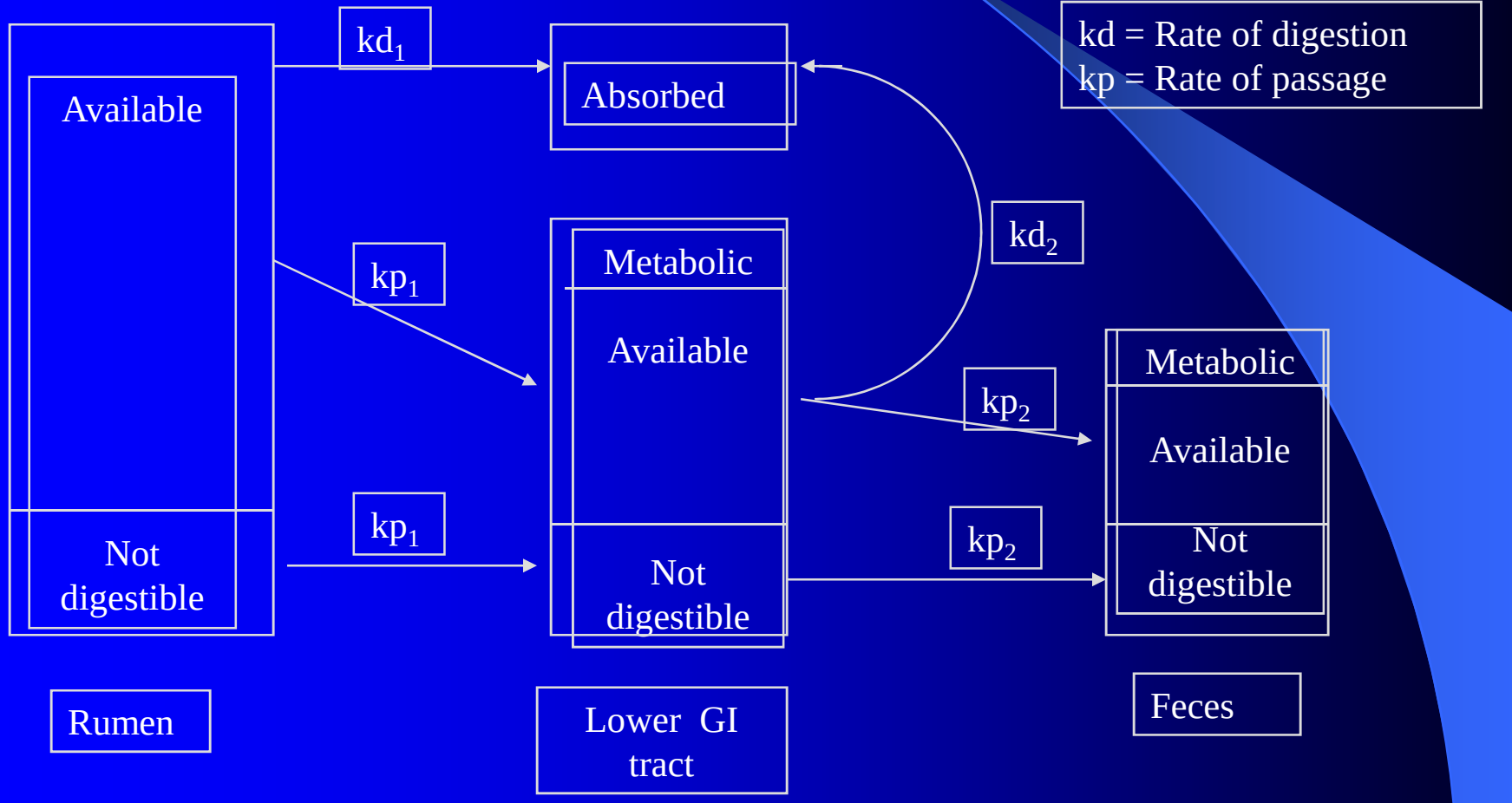
هضم در نشخوارکنندگان

اهمیت کینتیک هضمی در نشخوارکنندگان

- غذا یا سوبسترا در شکمبه به دو صورت می تواند خارج شود
  - هضم تخمیری (سرعت هضم Kd)
    - 60 تا 85 درصد ماده آلی
  - عبور (سرعت عبور Kp)
- این دو فرآیند با هم در رقابتند و تعیین کننده مقدار هضم در شکمبه

- درصد ماده هضم شده در شکمبه = Kd/(Kd+Kp)
- درصد ماده عبوری = Kp/(Kp+Kd)

کینتیک هضمی


kd = Rate of digestion
kp = Rate of passage
Available
Not digestible
Rumen
kd1
kp1
kp1
Absorbed
Metabolic
Available
Not digestible
Lower GI tract
kd2
kp2
kp2
Metabolic
Available
Not digestible
Feces

کینتیک هضمی

- Kd و Kp موثر بر
  - مصرف خوراک
  - قابلیت هضم
  - محصولات انتهایی تخمیر

عوامل موثر بر سرعت عبور ذره

- واژه عکس میزان ماندگاری غذا در شکمبه
- عامل های کنترل کننده عبور ذرات
  - چگالی 2/1 برای رها شدن از تله الیافی
  - اندازه ذرات به کوچکتر از 18/1 میلی متر برای خروج از شکمبه (اندازه سوراخ نگاری هزارلا(2-4 سانتی متر))
  - اندازه شکمبه حیوانات نشخوارکننده (نوع حیوان)
  - شکل ذرات
  - حباب گازها

سرعت عبور

- سرعت عبور
  - مایع 4% تا 10 در ساعت
  - مواد متراکم 2 % تا 7 در ساعت
  - علوفه 1 % تا 6 در ساعت
  - تعیین توسط نشانگرها

- CNCPS
  - 05/4% برای مواد متراکم
  - 43/3 % برای علوفه

عوامل موثر بر سرعت عبور در حیوان

- عوامل موثر بر عبور
  - میزان مصرف خوراک (X)
  - وزن بدن
  - درصد علوفه در جیره
  - eNDF (اثر یونجه و پوسته پنبه دانه بر عبور غلات)
  - سرعت هضم
  - اسمولاریتی
  - چگالی ذرات
  - دمای محیط

سرعت عبور

- افزایش مصرف خوراک در یک حجم ثابت
  - شیردهی افزایش انقباضات شکمبه افزایش عبور و افزایش مصرف خوراک
  - آبستنی کاهش حجم شکمبه افزایش سرعت عبور ولی کاهش مصرف خوراک
- کاهش هضم و انتقال هضم به بخش های انتهایی GI
- کاهش تولید VFA
- افزایش بازده ساخت پروتئین میکروبی

هضم در شکمبه (میکروبی)

§ اتصال میکروبی (فاز تاخیری)

- جمعیت میکروبی (مواد مغذی)
- سطح سوبسترا (اندازه قطعات و ناهمگون بودن)

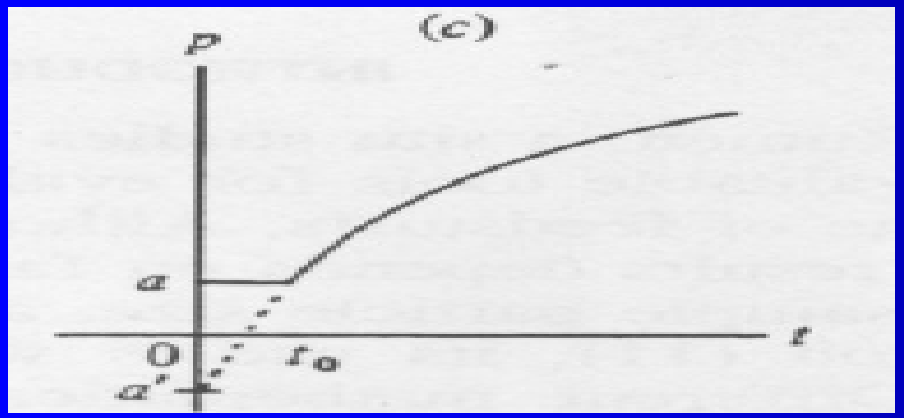
§ هیدرولیز

- خواص فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی
- ترکیبات بازدارنده فعالیت آنزیمی (سیلیکات، اسیدهای فنولیک و...)
- سدهای فیزیکی و شیمیایی (کوتین، سیلیکا، لیگنین، گروهای استری، فنولیک و ...)
- عوامل دیگر(سطح غله، سرعت عبور،...)

سرعت هضم و هضم در شکمبه

- سرعت هضم
  - در مطالعات In situ
    - In vitro
    - In vivo

$$P = a + b(1 - e^{-c(t-L)})$$



$$ED = a + [bc/(c + k)]\ e^{-(c+k)L}$$

عوامل موثر بر قابلیت هضم

- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده غذایی
  - ü سطح، اندازه، چگالی قطعات
  - ü ترکیب شیمیایی میزان ماده داخل سلولی و دیواره سلولی
  - ü میزان مصرف خوراک با NDF جیره رابطه دارد و میزان هضم با ADF

- ترکیب جیره غذایی (اثر غیر افزایشی یا همراه)
  - هضم یک جیره برابر با میانگین هضم اجزای جیره نمی باشد
- سطح مصرف خوراک
- حداکثر ظرفیت جذب

روش های اندازه گیری قابلیت هضم

- روش های درون تنی (*In vivo*)
  - مستقیم
  - غیرمستقیم
- روش های آزمایشگاهی یا درون شیشه ایی (*In vitro*)
  - شبیه سازی آنچه در حیوان رخ می دهد

معیار های روش های اندازه گیری

- تکرارپذیری و صحت و دقت
- هزینه
- سهولت و پیچیدگی
- زمان
- کار
- ظرفیت

روش مستقیم

- جمع آوری مستقیم مصرف خوراک و مدفوع
  - یک هفته عادت پذیری (1 تا 2 روز برای تک معده ای)
  - یک تا دو هفته اندازه گیری
  - 5 تا 10 درصد باقیمانده
  - معمولاً از حیوانات نر (حداقل 4 تا6)
- ظاهری
  - نسبتی از غذا که ناپدید می شود
- حقیقی
  - نسبتی از غذا که جذب می شود

قابلیت هضم حقیقی

- **Endogenous**
  - دفع مواد با منشاء داخلی همراه با مواد جذب نشده
  - قابلیت هضم ظاهری برای چربی، پروتئین و کربوهیدرات های غیرالیافی
  - قابلیت هضم حقیقی برای دیواره سلولی (NDF)
  - برای مواد معدنی کاملاً بی معنی
- **Bioavailability**
  - قابلیت زیست فراهمی
  - تعیین نسبتی از مواد معدنی که منشاء داخلی با استفاده از رادیوایزوتوپ ها
- **Ca, P, Mg, Fe**

آزمایشات هضمی

- تعیین
  - تک معده ای مثل طیور دادن غذای عاری از آن ماده مغذی
  - نشخوارکننده دادن سطوح مختلف آن ماده مغذی و برون یابی

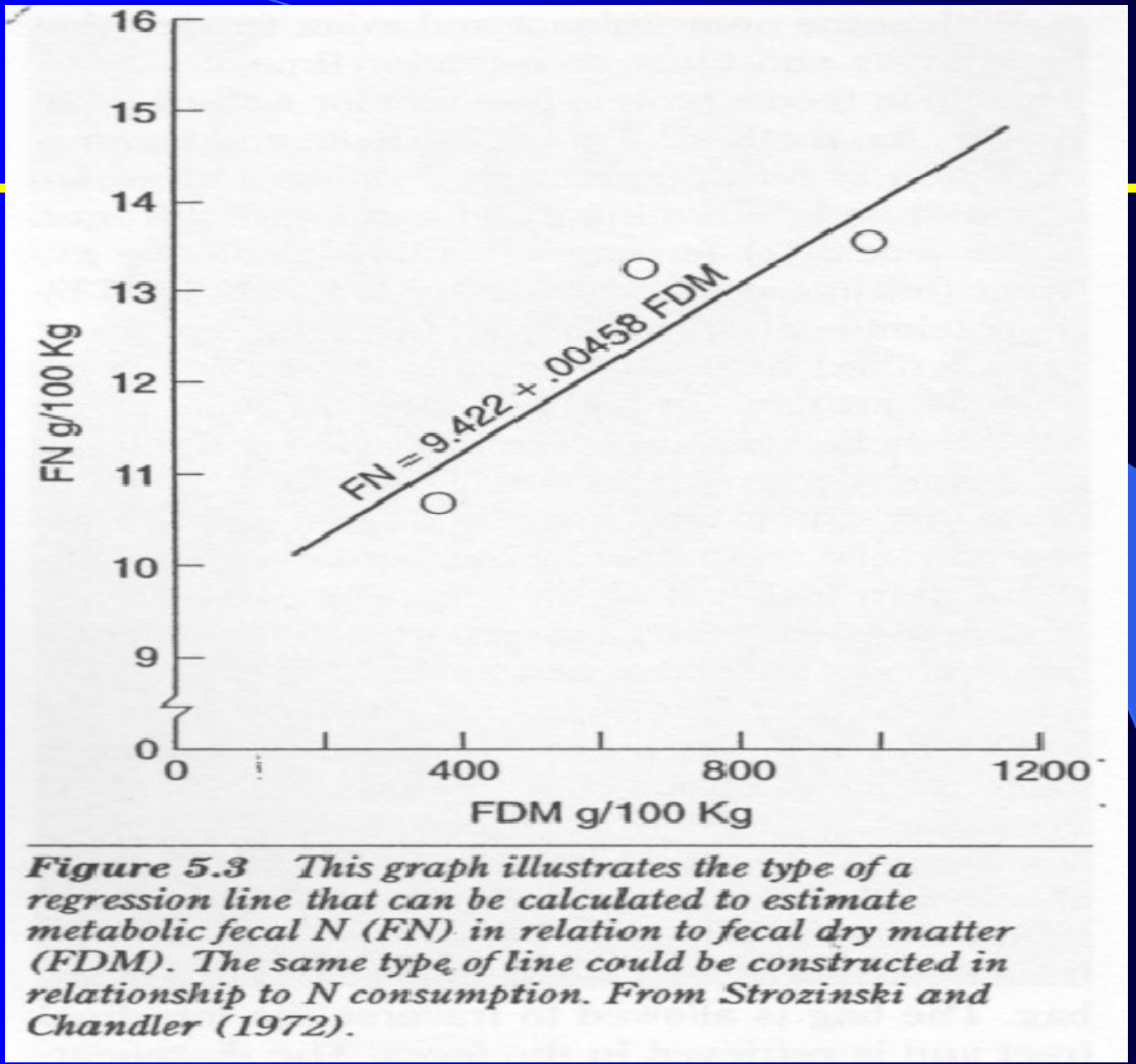


Figure 5.3 *This graph illustrates the type of a regression line that can be calculated to estimate metabolic fecal N (FN) in relation to fecal dry matter (FDM). The same type of line could be constructed in relationship to N consumption. From Strozinski and Chandler (1972).*

آزمایشات توازنی

- آزمایش توازنی جهت میزان ابقا یا کاهش مواد مغذی
  - تعیین تمامی راههای دفع (مدفوع، ادرار، ترشحات و عرق)

- جیره های خالص شده (Purified diet)
  - منبع انرژی (گلوکز، نشاسته سلولز)
  - پروتئین (کازئین یا اسید آمینه)
  - مواد معدنی
  - ویتامین های سنتز شده

مزایا و معایب روش درون تنی

- واقعی و استاندارد
- مقدار غذای زیاد
- هزینه نیاز به نگهداری دام
- کار زیاد
- امکان تعیین قابلیت هضم برخی مواد به تنهایی وجود ندارد

روش غیر مستقیم

- استفاده از نشانگرها (Markers)
- زمانیکه جمع آوری مدفوع یا اندازهگیری مصرف خوراک امکان پذیر نیست
- نشانگر هضمی
  - غیر قابل جذب
    - مقدار ورودی=مقدار خروجی
  - عدم تاثیر بر هضم یا جمعیت میکروبی
  - از نظر خصوصیات فیزیکی مشابه غذا
  - روش اندازه گیری آسان

انواع نشانگرها

- نشانگر داخلی
  - NDF غیر قابل هضم ، ADF غیر قابل هضم
  - AIA، خاکستر نامحلول در ADF، واکس ها، لیگنین، الکان های بلند زنجیره
- نشانگر خارجی
  - اکسیدهای فلزی مثل اکسید کروم
  - ذرات غذایی آغشته به رنگ، ذرات پلاستیکی، عناصر کمیاب خاکی

روش های آزمایشگاهی In vitro

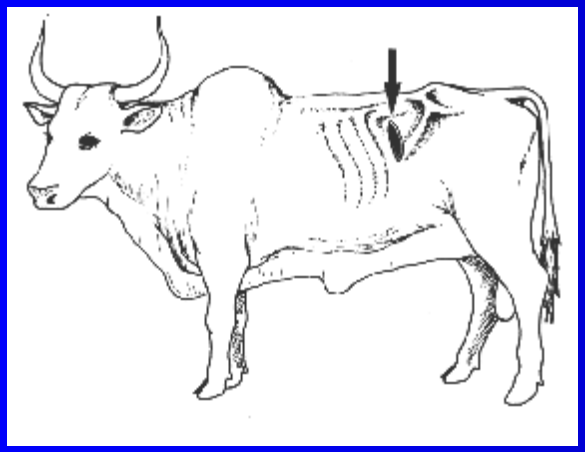
- مایع تلقیح
  - حیوانات لوله (کانولا)گذاری شده
- ماده بافری
- نمونه مورد آزمایش
- تامین شرایط مورد نیاز
  - دما
  - پتانسیل اکسیداسیون احیا
  - حرکت
- خروج مواد

روش های آزمایشگاهی

- روش های Batch Culture
  - ü دو مرحله ایی تیلی و تری ()
  - ü آنکوم (کیسه های نایلونی)
  - ü تولید گاز
  - ü آنزیم های سلولاز
- روش Fed Batch
- روش های پیوسته Continuous

تعیین قابلیت هضم در قسمت های مختلف

- روش های *In situ* (کیسه های نایلونی) و کیسه های نایلونی متحرک



- ü ایجاد فیستولا یا کانولا
- ü شکمبه ایی
- ü روده ایی
- ü دوازده ایی و ایلئومی

فرآیند مواد خوراکی

- تسهیل کار انتقال ونگهداری
- از بین بردن ترکیبات مضر
- بهبود استفاده از مواد مغذی
- بهبود قابلیت هضم مواد غذایی
  - اصلاح ژنتیکی
  - فرآوری مواد لیگنوسلولز
    - شیمیایی (اسید، قلیا و اکسنده ها)
    - فیزیکی (آسیاب کردن، پرتوتابی، فشار بخار، حرارتی و ...)
    - زیستی (آنزیم ها و قارچ ها)