دانشکده کشاورزی
گروه علوم دامی

تغذیه تکمیلی

انرژی Energy 1

محمد خوروش

مقدمه

- فیزیک: توانایی یا قوه انجام کار
  - علوم زیستی: " " " جهت حفظ نظم(بقا)
  - علوم دامی: " " " جهت حفظ نظم(بقا) و تولید

- شیمیایی
- حرارتی
- صوتی
- نور
- مکانیکی
- الکتریکی

قانون اول ترمودینامیک و موجودات

- طبق قانون اول: عدم مصرف انرژی و تنها از شکلی به شکل دیگر تبدیل
- تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی و سپس تبدیل انرژی شیمیایی به
  - حرارتی (خارج از بدن)
  - انرژی شیمیایی دیگر (به خارج از بدن مثل تولید)
  - انرژی مکانیکی (در نهایت به حرارت تبدیل و از بدن خارج)
  - انرژی الکتریکی (در نهایت به حرارت تبدیل و از بدن خارج)
- انرژی حرارتی در حیوانات خونگرم دفع و عدم استفاده
- استفاده از انرژی حرارتی تنها در زمان تغییر درجه حرارت

قانون دوم ترمودینامیک و موجودات

- طبق قانون دوم ترمودینامیک: در طبیعت، آنتروپی (بی نظمی) جهان افزایش می یابد
- موجودات زنده نظم را حفظ می کنند و تنها قادر به ادامه حیات با نگه داشتن نظم در خود می باشند
- موجودات زنده از قانون دوم تخطی نمی کنند بلکه به برداشت انرژی آزاد و برگشت مقدار برابری از انرژی بصورت گرما و آنتروپی به محیط داده و نظم درونی خود را حفظ می کنند
- قوانین ترمودینامیک (انجام هر واکنشی نیاز به $\Delta G<0$)

تولید ATP

- ATP شکل انتقال انرژی از واکنش های انرژی زا به انرژی خواه در سلول ها
- تولید انرژی در سلولها از سوختن مواد غذایی
  - چربی 9/3 کیلوکالری به ازای هر گرم
  - پروتئین 5/6 کیلوکالری به ازای هر گرم
  - کربوهیدرات 4/1 کیلوکالری به ازای هر گرم

- گلیکولیز بی هوازی و چرخه کربس هوازی
- بتااکسیداسیون هوازی
- دآمیناسیون و چرخه کربس

مصرف انرژی ATP و حفظ نظم

- ساخت
  - ساخت چربی از استیل کوآ (کلسترول، فسفولیپید، هورمون، چربی شیرو..)
  - پیوند پپتیدی (آنزیم، هورمون، پروتین تولیدی مثل کازئین و...)
  - کربوهیدرات ها (لاکتوز و ...)
- دفع مواد زائد
  - اوره از آمونیاک
- انقباض فیبرهای عضلانی میوزین (حرکت مکانیکی)
- انتقال فعال بر خلاف شیب الکتروشیمیایی
- الکترولیت ها
  - جذب و بازجذب مواد غذایی در توبول های کلیه و دستگاه گوارش

ارزشیابی مواد غذایی

- مواد غدایی خام یا ترکیب شیمیایی (شیمی)
  - پروتئین (کلدال)
  - انرژی خام (کالریمتری)
  - چربی خام (استخراج اتری)
  - الیاف(شوینده خنثی)
  - کربوهیدرات داخل سلولی (روش تفاوتی)
  - مواد معدنی (جذب اتمی و اسپکتوفتومتری)
  - ویتامین
- فراهمی مواد غذایی (بیوشیمی)
  - هضم (آزمایشات هضمی)

تفاوت در میزان در انرژی

- کسب انرژی در حیوانات تنها از طریق اکسیداسیون مواد آلی
- اکسیداسیون بیشتر= انرژی بیشتر
- انرژی چربی >کربوهیدرات
  - انرژی اکسیداسیون H بیشتر از C (34/5 در مقابل 8 کیلوکالری)
  - انرژی در کربوهیدرات تنها از اکسیداسیون C
- افزایش شایان انرژی در صورت افزودن کمی چربی به جیره
- CH_4>Fat >Pro >CHO

مصرف(تبدیل) انرژی غذا به انرژی مورد نیاز

- انرژی خام
- انرژی قابل هضم
- انرژی قابل سوخت و ساز
- انرژی خالص
  - نگهداری
  - رشد
  - شیردهی
  - تولید مثل
  - تخم‌مرغ
  - پشم

انرژی خام Gross Energy

- انرژی که از اکسیداسیون مواد خام

- اندازه‌گیری (بمب کالریمتر)
  - سوزاندن (تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی با اکسیژن و برق)
  - محاسبه تغییرات دمایی آب پیرامون
  - اجرای آزمایش استاندارد جهت تبدیل واحد (دمایی به حرارتی)
  - محاسبه معادل گرمایی آب با استفاده از استاندارد
  - حاصلضرب ΔT در معادل گرمایی بمب $GE=\Delta T \times TE$
  - متوسط انرژی غذاهای معمول 4/42مگاکالری در کیلوگرم

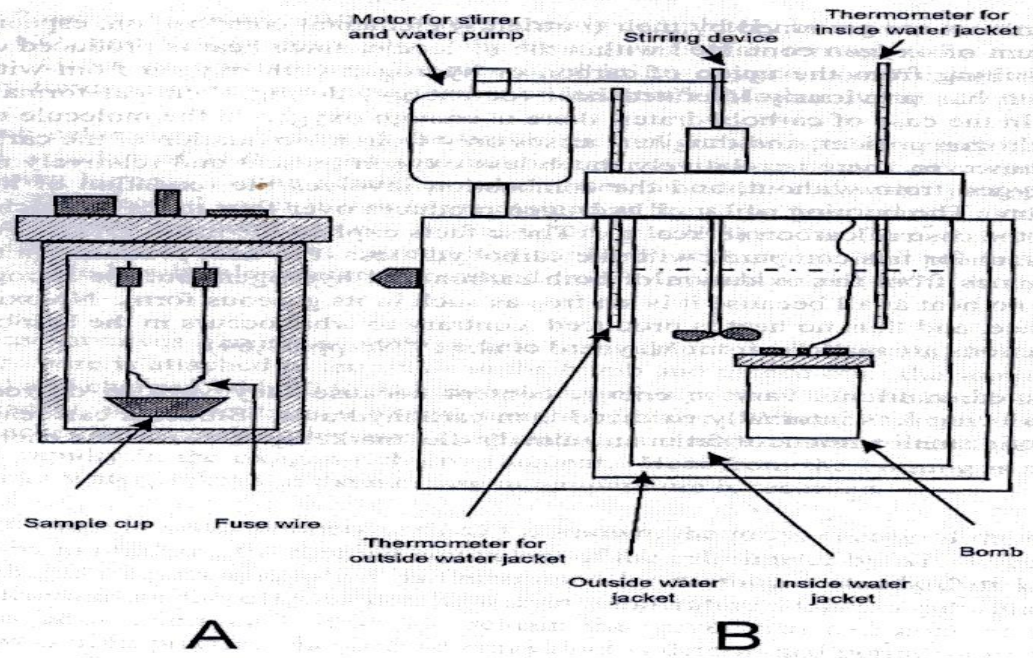


Figure 4-1. The Parr bomb calorimeter: A - Cross section of bomb; B - Cross section of the adiabatic calorimeter with bomb in place. Adapted from Maynard et al. (1979)

11

انرژی خام

- یک مقدار خام
- اتلاف انرژی
  - جامد
  - مایع
  - گاز
  - حرارت
- انرژی کاه غلات = انرژی دانه غلات
- انرژی موم = انرژی چربی
- مناسب برای غذاهای با قابلیت فراهمی بالا
  - انسان

فراهمی انرژی -انرژی هضمی

- **Digestion:**
  - تجزیه فیزیکوشیمیایی به ترکیبات قابل استفاده
- **Degradation:**
  - تجزیه فیزیکوشیمیایی به ترکیبات ساده
- **Hydrolysis**
  - فرآیند تجزیه با حضور آب
  - همان واکنش شیمیایی هضم CHO، Fat و Pro
  - قابلیت هضم متفاوت مواد برای حیوان (بحث گذشته)
  - اتلاف انرژی دفعی زیاد (10% _60%)

تعیین انرژی هضمی

- اندازه گیری مقدار ماده خشک مصرفی
- تعیین انرژی خام غذا
- اندازه گیری مقدار مدفوع
- تعیین انرژی خام مدفوع

- DE= (DMI×GE)-(F×GE)
- DE=TDN×4.4
- ADE ≠TDE

انرژی قابل سوخت و ساز

- کسر انرژی ادرار و گازها از انرژی قابل هضم
- ME=0.8 DE (NRC 1989)
- ادرار 3 % GE
- انرژی دفعی متان
  - 8 درصد GE در سطح نگهداری
  - 6 درصد GE در سطح بالاتر
  - 12 درصد DE در سطح نگهداری
- در نشخوارکنندگان نیاز به اتاقک تنفسی و سخت تر از DE

انرژی قابل سوخت و ساز

- اتلاف گازها بخاطر هضم می‌باشد نه بخاطر متابولیسم
- بستگی به تعادل نیتروژن
  - نشخوارکنندگان 7/45 Kcal
  - طیور 8/22 Kcal
- خوراک های سیلو شده دارای انرژی قابل سوخت و ساز بیشتر
- انرژی قابل سوخت و ساز در طیور (آزمایش سیبالد)

تعیین ME غذای طیور (آزمایش سیبالد)

- اتلاف گازی نداریم
- اندازه‌گیری MEو راحتتر از DE
- دو گروه خروس
- گروه 1 Fasting و تعیین مقدار دفع اندوژنوس
- گروه 2 Force Feeding و تعیین دفع فضولات (ادرار و مدفوع)
- AME=DE-FF
- TME=DE-(FF-F)
- AME_n=(((FI×GEf)-(E×GEe))/(Fi×GEf))±(NB×K)
- TME_n=(((FI×GEf)-(FE-FEm)-(UE-UEe))/(Fi×GEf))±(NB×K)

عوامل موثر بر ME

- تخمیر (Ruminant Vs. Nonruminant)
- فیزیولوژیک حیوان (تعادل منفی یا مثبت ازت)
- نوع غذا
  - علوفه در مقابل کنسانتره
  - غذای از پیش تخمیر شده
- اجزای دیگر جیره و توازن جیره
- فرآوری و افزودنیها

انرژی خالص غذا

- انرژی مفید
- قسمتی از انرژی غذا که جهت نگهداری و تولید قابل دسترس باشد
- انرژی نگهداری
  - متابولیسم پایه یا متابولیسم ناشتا
  - حد مجاز فعالیت
- انرژی کار (حرارت یا ذخیره)
- انرژی تولید (شیمیایی)
- اتلاف انرژی بصورت حرارت در حین اعمال هضم و متابولیسم
- استفاده از حرارت دفعی در صورت حفظ دما در تنش سرمایی

حرارت افزایشی و حرارت تولیدی

- اتلاف انرژی بصورت حرارت حین اعمال هضم و سوخت و ساز
- جویدن (فعالیت ماهیچه ای)
- هضم و سوخت و ساز(فعالیت ماهیچه ای دستگاه گوارش، تنفس، خون، کلیه)
- تخمیر (انتقال ناقص انرژی در سوخت و ساز میکروبی)
- سوخت و ساز(انتقال ناقص انرژی در سوخت و ساز مواد مغذی در حیوان)

- حرارت تولیدی= حرارت آزاد شده از فعالیت نگهداری+حرارت افزایشی
- Specific Dynamic Effect
- اثر خاص دینامیک
  - حرارت حاصل از هضم و سوخت و ساز هر یک از مواد مغذی

میزان حرارت افزایشی

- نوع حیوان (نشخوارکننده در برابر غیر نشخوارکننده)
- سطح مصرف غذا
- نوع تولید
- نوع غذا
  - علوفه خشبی در مقابل مواد متراکم (مقدار NDF)
- توازن اسیدهای آمینه
- نسبت انرژی به پروتئین
- سطح پروتئین جیره
- کمبود سایر مواد مغذی مثل P و Mg
- خوراک دادن متداوم در برابر غیر متداوم

انرژی مورد نیاز نگهداری

- Basal Metabolic Rate
  - حداقل انرژی مورد نیاز بدن برای حفظ بقای بدن
  - انرژی مورد نیاز برای ساخت ATP

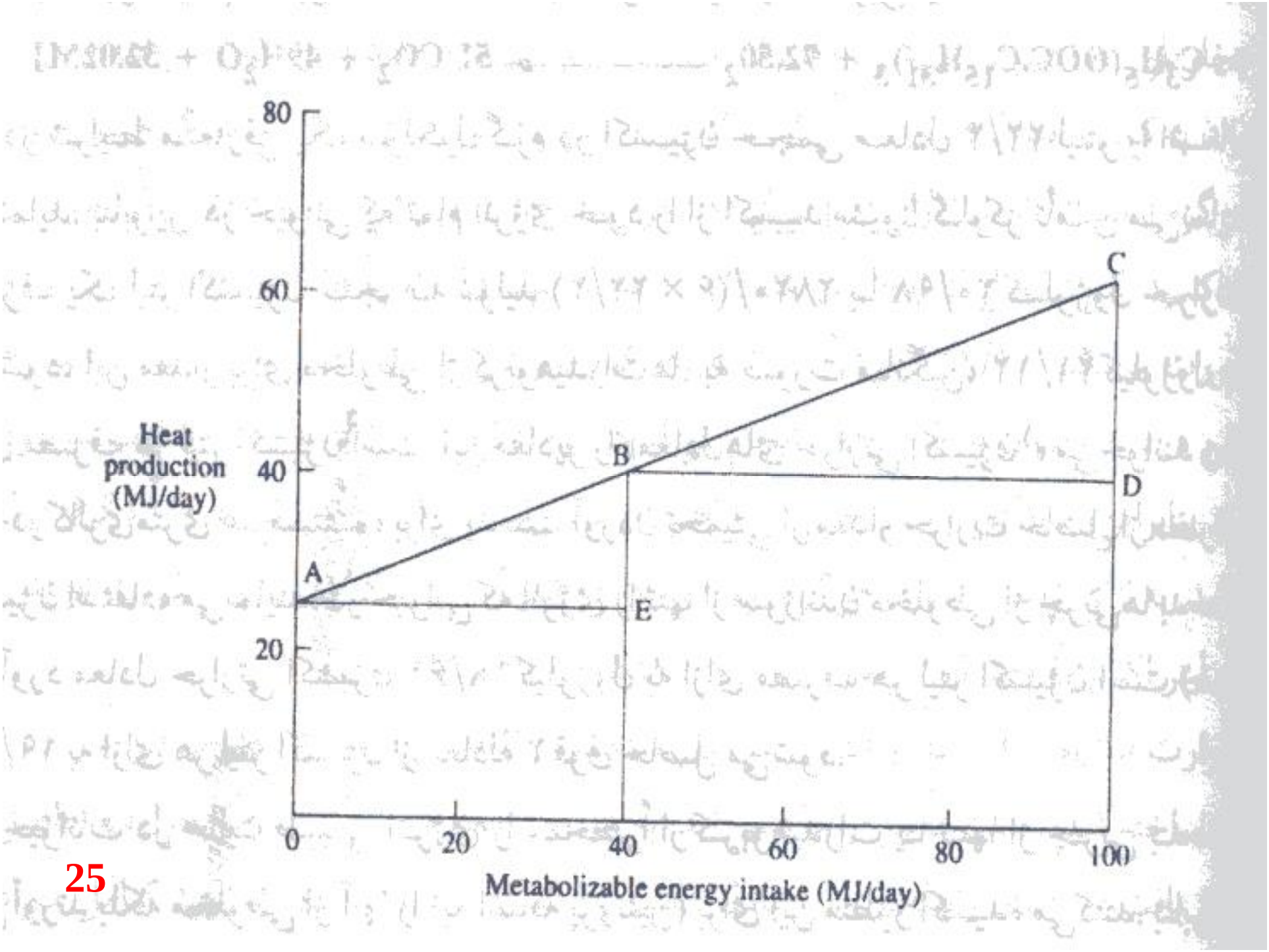
تعیین انرژی خالص غذا

- اندازه‌گیری حرارت
  - اندازه‌گیری مستقیم حرارت (کالریمتری حیوانی)
  - اندازه‌گیری غیرمستقیم حرارت (کالریمتری غیرمستقیم)

- اندازه‌گیری تولید
  - تعادل نیتروژن-کربن
  - فن ذبح مقایسه‌ای
  - محاسبه میزان انرژی تولید شیر، تخم مرغ و پشم

کالریمتری مستقیم

- حرارت دفعی
  - مستقیم
    - تابش (Radiation)
    - هدایت و جابجایی (Conduction and Convection)
  - غیرمستقیم
    - تبخیر (Evaporation)
- اندازه‌گیری مستقیم اختلاف حرارت در دو سطح صفر و بالاتر مصرف
- برون یابی حرارت در سطح صفر غذا با سطوح بالاتر از سطح صفر غذا


80
60
40
20
Heat production (MJ/day)
A
B
C
D
E
0
20
40
60
80
100
Metabolizable energy intake (MJ/day)

کالریمتری غیرمستقیم (تبادل تنفسی)

- محاسبه تولید حرارت با تغییر میزان مصرف O_2 و تولید CO_2
- میزان اکسیداسیون مواد مغذی
  - پروتئین از نیتروژن ادرار
  - کربوهیدرات و چربی از کسر تنفسی
- تعیین گازهای تولیدی- مصرفی (O_2 و CO_2) و یا کسر تنفسی
  - نسبت میزان CO_2 تولیدی به O_2 مصرفی
- محاسبه حرارت تولید شده از معادل حرارتی اکسیژن
  - میزان حرارت تولید شده یک ماده در اثر مصرف یک لیتر اکسیژن

معادل حرارتی

- اکسیداسیون ۱ مول گلوکز
  - مصرف 6 مول اکسیژن
  - تولید 6 مول دی‌اکسید کربن
  - تولید2820 کیلوژول گرما
  - حجم هر مول اکسیژن 22/4 لیتر
  - معادل حرارتی گلوگز 5/047کیلوکالری
  - معادل حرارتی چربی 4/69 کیلوکالری
  - معادل حرارتی پروتئین 4/82کیلوکالری
  - محاسبه کسر تنفسی جهت تعیین میزان اکسیداسیون هر ماده

کسر تنفسی

- کسر تنفسی کربوهیدرات 1
- کسر تنفسی چربی 0/7
- کسر تنفسی پروتئین 0/8
- کسر تنفسی 1 معادل استفاده تنها از کربوهیدرات
- کسر تنفسی 0/7 معادل استفاده تنها از چربی
  - پس از مصرف غذا تنها از کربوهیدرات و بین غذا و هنگام دیابت رو به چربی
- کسر تنفسی بالاتر از 1 معادل ساخت چربی از کربوهیدرات
- بر هم خوردن کسر تنفسی در اکسیداسیون ناقص شکمبه و کتوز
- به ازای هر لیتر اکسیژن مصرفی 4/825 کیلوکالری

میزان مصرف متابولیک مواد مغذی

- اندازه‌گیری ازت ادراری
- اندازه‌گیری CO_2 تولیدی به O_2 مصرفی

- محاسبه میزان مصرف متابولیک پروتئین از ازت ادرار×6/25
- محاسبه میزان مصرف متابولیک کربوهیدرات و چربی از کسر تنفسی

تعادل کربن -نیتروژن

- محاسبه انرژی ذخیره شده غذا بصورت چربی و پروتئین
- اندازه‌گیری ازت دفعی مدفوع و ادرار
- محاسبه ذخیره پرتئین
- محاسبه کربن ذخیره شده بصورت پرتئین(51/2)
- اندازه‌گیری CO_2 تولیدی
- اندازه‌گیری میزان کربن ذخیره شده بصورت چربی (74/6)
- اندازه‌گیری میزان چربی ذخیره شده
- محاسبه میزان انرژی ذخیره شده
- محاسبه تولید حرارت

ذبح مقایسه ای

- تقسیم حیوانات به دو گروه
  - گروه اول (کنترل)
  - گروه دوم (تغذیه)
- تعیین مستقیم چربی و پروتئین لاشه
- تعیین غیرمستقیم
  - تعیین وزن مخصوص
  - فن آوری های رقیق سازی

انرژی تولید شیر و تخم مرغ

- اندازه‌گیری آسان میزان ترکیبات شیر و تخم مرغ بصورت کربوهیدرات، چربی و پروتئین
- ضرب مقدار هر ترکیب در میزان انرژی حاصل اکسیداسیون
- میزان تغییرات انرژی ذخایر بدن در حین کاهش یا افزایش وزن در مرغان تخم گذار و گاوهای شیری

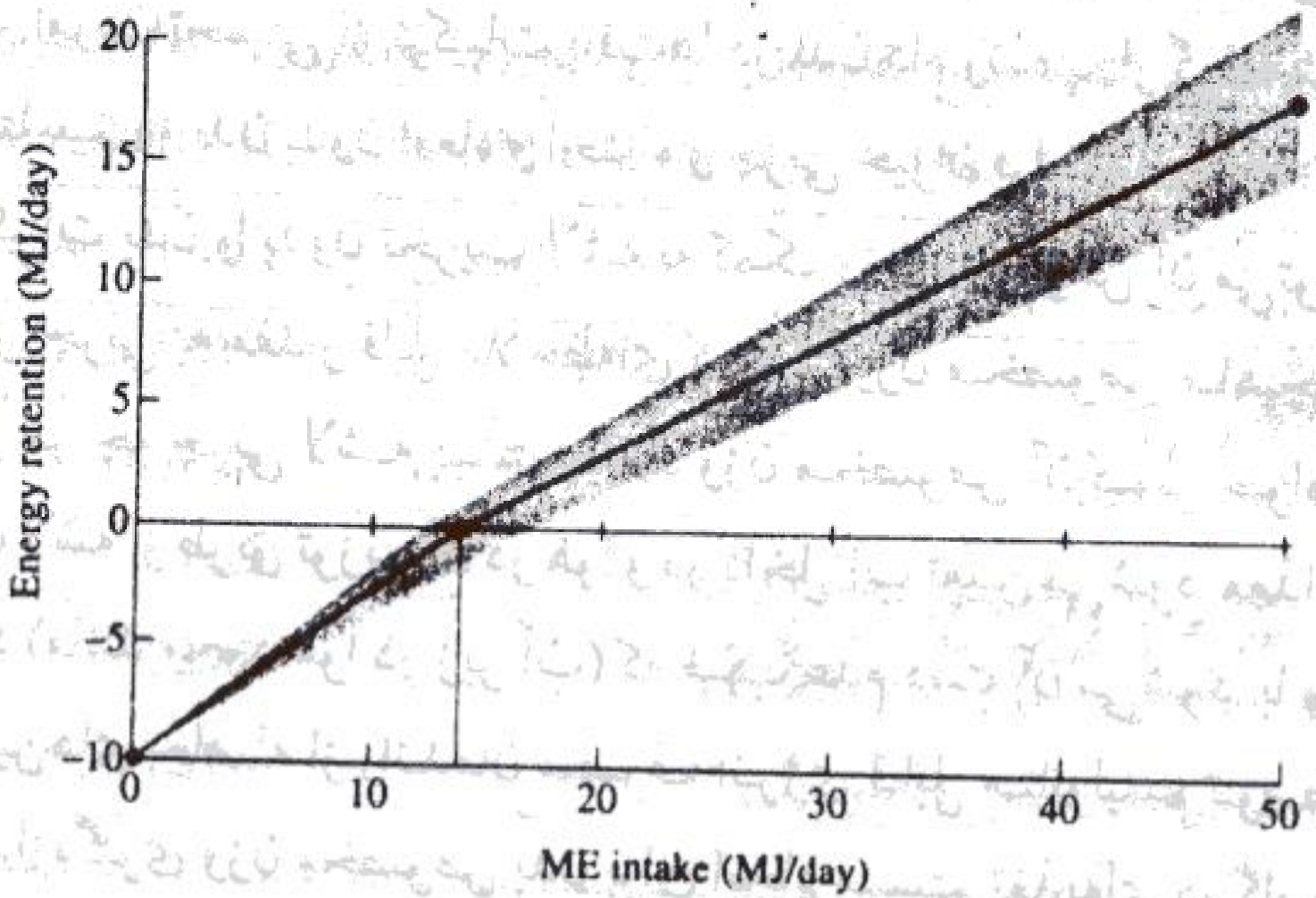
بازده تبدیل ME به NE

- نگهداری (Km)
- افزایش وزن (Kg)
  - رشد
  - پرواربندی
- شیر (Kl)
- تخم مرغ
- کار (Kw)
- آبستنی (Kc)
- پشم (Kwool)

Kl>=Km>Kg>Kf>Kwool,Kc

مصرف انرژی جهت نگهداری

- از نظر بیوشیمی انرژی مورد نیاز برای ساخت ATP
- اتلاف حرارتی کمتر
  - ساخت مواد در سطح بالاتر از نگهداری (تولید) نیاز به صرف انرژی
  - استفاده بهتر از حرارت افزایشی
  - روش محاسبه جایگزین کردن
- بازده تبدیل جربی در حالت نگهداری به ATP (67%)
- عدم افزایش در حرارت افزایشی در تزریق گلوکز به شیردان (بازده 70%)
- افزایش تولید حرارت افزایشی در تزریق گلوکز به شکمبه (تخمیر)
- افزایش تولید حرارت افزایشی در تزریق پروتئین (دفع ازت)



شکل ۵ـ ۱۱ـ راندمان مصرف انرژی قابل متابولیسم (در یک حیوان نشخوار کنندهٔ در حال رشد)

مصرف انرژی جهت افزایش وزن خوک و طیور

- بازده در حیوانات جوان بیشتر از مسن
- بازده نظری ساخت چربی از گلوگز و استات 83%
- بازده ساخت چربی از اسیدهای چرب بلند زنجیره 99%
- بازده ساخت چربی از پروتئین 70%

- بازده نظری ساخت پروتئین از اسید آمینه 88%
- بازده واقعی ساخت پروتئین از اسید آمینه50 %

- بازده رشد (پرتئین و چربی) از اغلب جیره ها 70%

مصرف انرژی جهت افزایش وزن نشخوارکننده

- بازده رشد (پرتئین و چربی) از جیره های تک معده ای 60%
- بازده از غذاهای خشبی پائین تر (20% تا 50%)

- بازده استفاده در گاو شیرده75% (NRC 2001)
- بازده استفاده در گاو غیر شیرده60 % (NRC 2001)

- علت پائین تر بودن بازده در نشخوارکنندگان
  - حرارت تخمیر
  - بازده پائین در استفاده از خوراکهای خشبی به خاطر اعمال هضم

مصرف انرژی جهت تولید شیر و تخم مرغ

- بازده بالای ساخت اجزای شیر (64%)

- لاکتوز یک دو قندی ساده (94% از گلوکز و کمتر از پروپیونات)
- چربی شیر دارای اسید چرب کوتاه زنجیر (نزدیک‌تر به مقدار نظری83 %)
- دفع سریع پرتئین شیر (نزدیک‌تر به مقدار نظری88 %)

- بازده در مرغان تخمگذار70 %

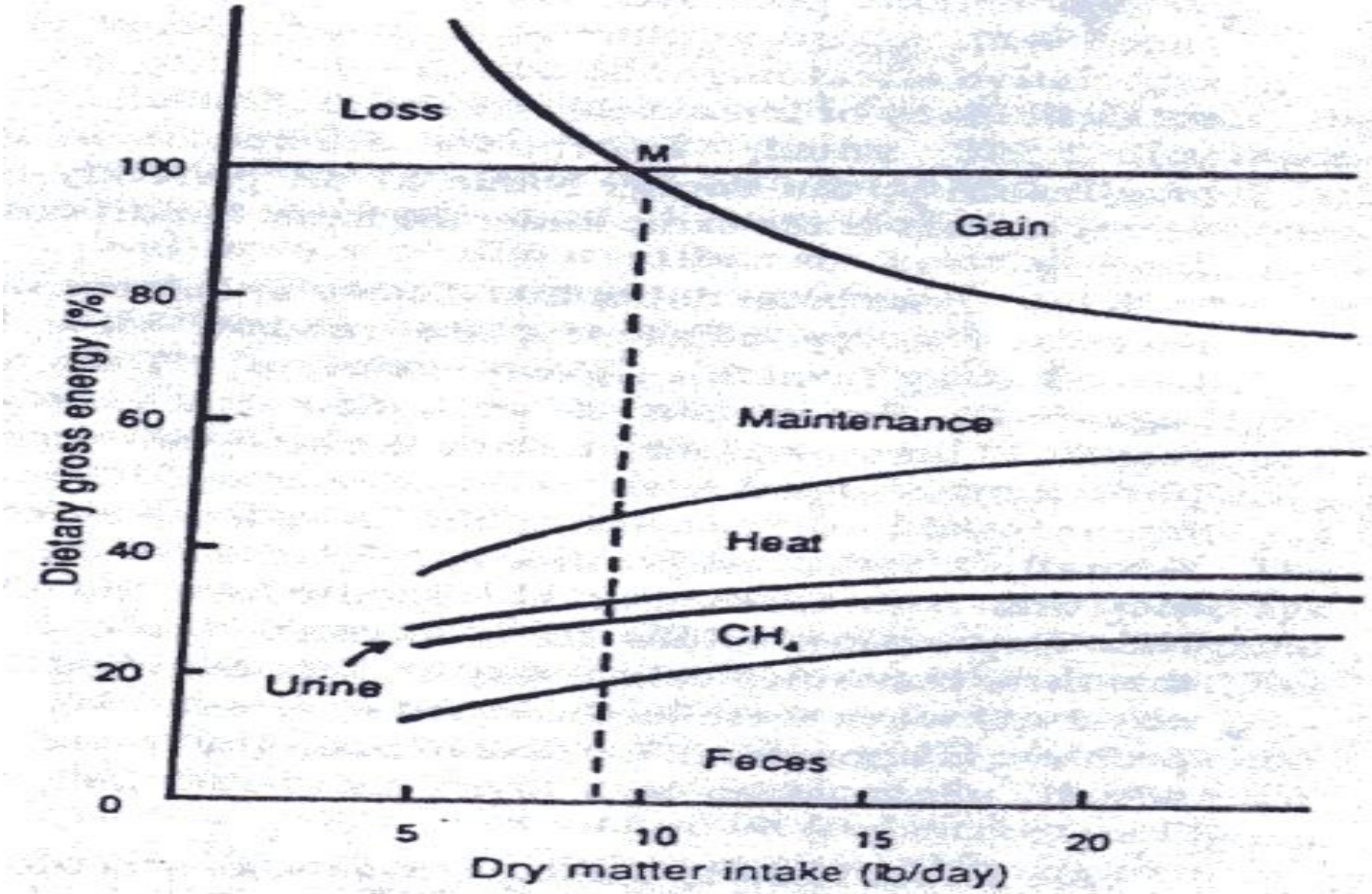


Figure 24.8. A view of the proportional changes in energy balance that accompany increasing intake (based on Mitchell and Hamilton, 1932). The proportion of energy lost in methane declines somewhat with increasing intake. Fecal losses increase through depression of digestibility.

اثرات همراه

- اثر اجزای یک جیره بر قابلیت استفاده از تک تک اجزای جیره
- جمع انرژهای غذا برابر میانگین اجزای جیره نیست
- عمدتاٌ در نشخوارکنندگان به دلیل اثرات هضمی

- اثر افزودن کنسانتره بر استفاده از علوفه خشبی
- افزودن نیتروژن، فسفر بر مصرف مواد خشبی

غذا	انرژی خام	انرژی قابل هضم	انرژی سوخت و ساز	انرژی خالص شیردهی	انرژی خالص شیردهی
یونجه	4/44	2/60	1/96	1/19	1/11
ذرت سیلویی	4/42	2/87	2/21	1/36	1/28
جو	4/42	3/64	2/92	1/86	1/76
ذرت	4/52	3/85	3/12	2/01	1/90
کنجاله پنبه دانه	4/88	3/4	2/7	1/71	1/61
پنبه دانه	4/40	3/55	2/91	1/94	1/83
کاه گندم	4/33	2/04	1/44	0/82	0/76
پیه	9/25	6/17	5/66	4/53	4/33