# تغذیه نشخوارکنندگان

## سیستمهای بیان انرژی در نشخوارکنندگان

دکتر فردین هژبری
گروه علوم دامی، دانشگاه رازی

# تعاریف

- انرژی: پتانسیل انجام کار
- انرژی از یک فرم به فرم دیگر تبدیل می شود ولی نه تولید می شود و نه از بین می رود

- کالری (Cal = Calori):
- مقدار حرارت مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم آب از ١٤.٥ به ١٥.٥ درجه سانتی گراد
- یک کالری = ٤/١٨٤ ژول
- کیلو کالری (Kcal) = ١٠٠٠ کالری
- مگاکالری (Mcal) = ١٠٠٠ کیلوکالری = ١٠٠٠٠٠٠ کالری

# تعیین ارزش انرژی زایی خوراک

- کل انرژی قابل هضم (Total Digestible Energy=TDN)
- پارتیشن بندی انرژی خوراک
- نسبت علوفه به کنسانتره

# کل انرژی قابل هضم (TDN)

- سیستم قدیمی برای بیان غلظت انرژی قابل هضم خوراک
- TDN بر اساس مقادیر سوخت فیزیولوژیکی است

| ماده مغذی | حرارت سوختن کیلوکالری بر گرم | حرارت سوختن محصولات متابولیکی کیلوکالری بر گرم | جذب ماده مغذی ٪ | ارزش سوخت فیزیولوژیکی کیلو کالری بر گرم |
|---|---|---|---|---|
| کربوهیدرات | ٤/١ | -- | ٩٨ | ٤ |
| چربی ها | ٩/٤٥ | -- | ٩٥ | ٩ |
| پروتئین | ٥/٦٥ | ١/٣ | ٩٢ | ٤ |

# تعیین TDN

- انجام آزمایش تعیین قابلیت هضم و تعیین ضریب هضم ظاهری:
- پروتئین خام (CP)
- فیبر خام (CF)
- عصاره عاری از ازت (NFE)
- چربی خام (EE)
- محاسبه غلظت هر ماده مغذی قابل هضم

- Digestible protein (DP) = CP × CP Dig. %
- Digestible Crude fiber (DCF) = CF × CF dig. %
- Digestible NFE (DNFE) = NFE × NFE dig. %
- Digestible EE (DEE) = EE × EE dig. %

- محاسبه TDN

- TDN (% DM) = %DP + % DCF + % DNFE + ( 2.25 × % DEE)

- بر اساس درصدی از جیره بیان می شود یا بر اساس واحدی از وزن (پوند، کیلو گرم و ..)
- تبدیل واحدها: یک پوند تی دی ان = ۲۰۰۰ کیلوکالری انرژی قابل هضم
- یک کیلو گرم تی دی ان = ٤٤٠٠ کیلوکالری انرزی قابل هضم

- **TDN = DCP% + DEE % × 2.25 + DNDF + DNSC**
- **TDN = digestible crude protein + digestible crude fat (EE) × 2.25 + digestible cell wall (NDF) + digestible non structural carbohydrate (NSC).**

- **TDN مربوط به آن بخش از خوراک است که برای تولید انرژی، می تواند هضم شود.**
- **One kilogram TDN = 4.4 DE (Mcal),**

  **= 3.6 ME (Mcal)**

  **= 2.0 NE (Mcal)**

| اجزا | % | | %Digestibility | |
|---|---|---|---|---|
| water | 12 | | | |
| Nitrogen | 2 | 2×6.25 =12 (CP) | 80 | 10 |
| EE | 4 | 4 | 75 | × 2.25= 6.75 |
| CF | 10 | 10 | 40 | 4 |
| Ash | 2 | 2 | | |
| NFE | ? | 59.5 | 80 | 47.6 |
| TDN (as fed) | | | | 68.35 |
| TDN (%DM) | | | | 77.67 |

# محدودیتهای TDN

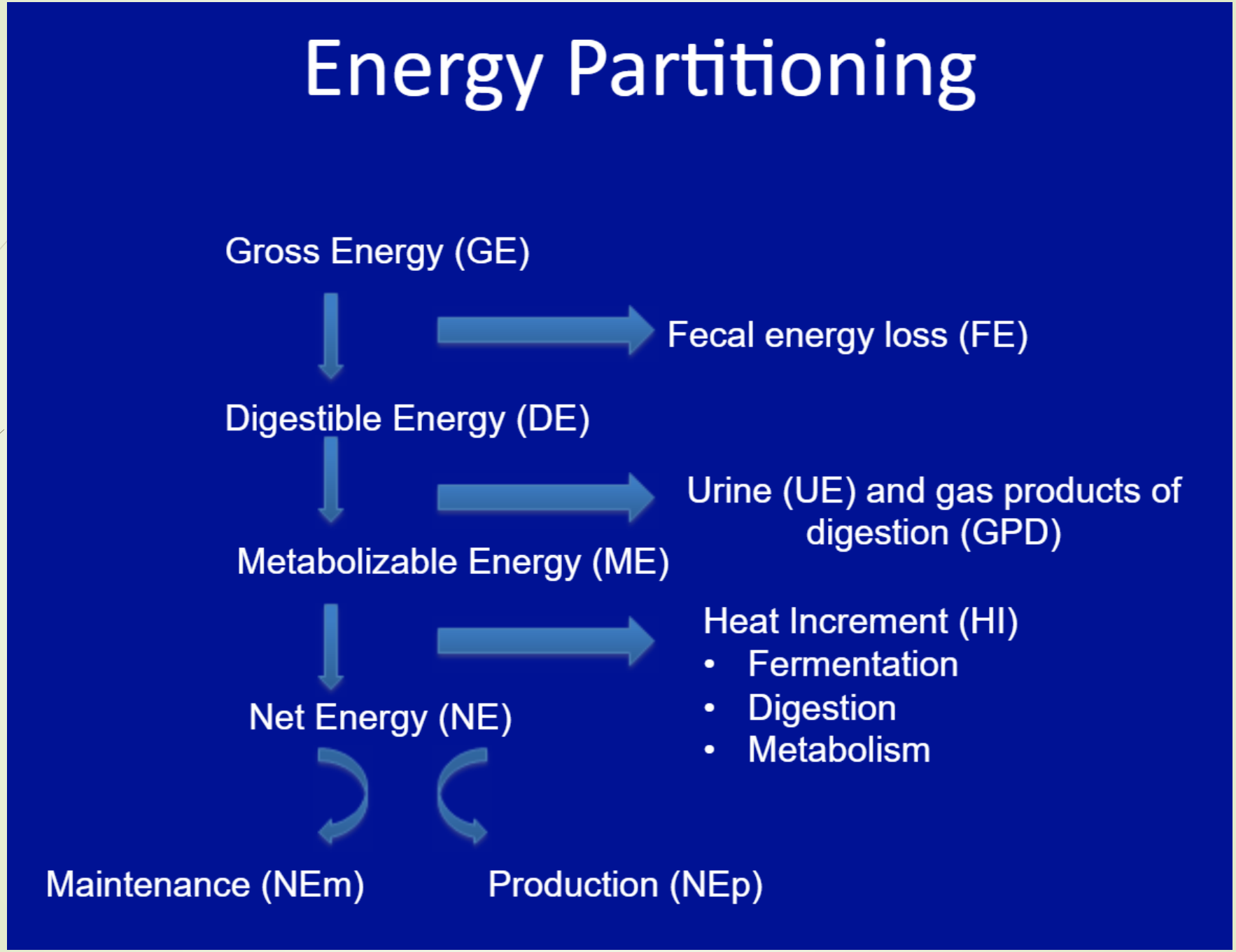
- محدودیتها مرتبط با آزمایشات قابلیت هضم است:
  - خطا در تجزیه شیمیایی
  - خطا د رجمع آوری نمونه
  - مصرف پایین خوراک سبب افزایش قابلیت هضم می شود
  - افزایش سه برابری ماده خشک مصرفی سبب کاهش TDN به اندازه ۸ درصد می شود
- TDN شامل همه هد روی انرژی در متابولیسم نیست
  - شامل هدروی ادار نم شود
  - شامل هدروی گاز متان نمی شود
  - متان محصول نهایی تخمیر د رشکمبه است
  - ۳- ۱۰ درصد از انرژی خوراک را شامل می شود
- شامل موارد زیر نمی شود:
  - حرارت افزوده
  - فعالیت هضم
  - حرارت تخمیر
  - حرارت متابولیسم مواد مغذی
  - تخمین بالاسری ارزش انرژی قابل استفاده خوراک بخصوص علوفه ها

- **در طول سالهای گذشته، بسیاری از آزمایشات، میزان کفایت این سیستم ها و سایر سیستم ها را مورد بررسی قرار داده اند و اساساً دو دیدگاه وجود دارد:**

  - **سیستم TDN برای نشان دادن ارزش انرژی خوراک های مختلف کافی نیست و باید با یک سیستم انرژی خالص جایگزین شود.**
  - **ممکن است تفاوت هایی در مقدار انرژی تولیدی واقعی TDNوجود داشته باشد، اما این تفاوت ها به اندازه کافی بزرگ نیستند که بتواند سیستم TDNرا به نفع یک سیستم انرژی خالص که فقط بر اساس داده های آزمایشی محدود است، کنار بگذارد**

- حل این بحث با مشکل در تفسیر اندازه گیری های ورودی-خروجی با دام های شیری در طول شیرواری است.
  - تغییر وزن بدن لزوماً انعکاسی از تغییرات دقیق در ذخایر بافت بدن نیست
  - بسیج ناشناخته این ذخیره انرژی ممکن است میزان خوراک مورد نیاز برای هر واحد شیر تولیدی را به میزان قابل توجهی تحت تأثیر بگذارد.
  - گاو شیری اگر به میزان قابل توجهی کمتر از توانایی تولید شیر تغذیه شود، قادر به بسیج مقادیر بسیار زیادی از بافت بدن در اوایل شیردهی است.
  - در عوض در طول اواسط و اواخر شیردهی قادر است مقدار زیادی از بافتهای بدن را ذخیره کند.
    - نتیجه این است که آزمایش های ورودی - خروجی، به ویژه آزمایش های کوتاه مدت، ممکن است توسط تغذیه مرتبط با توانایی و مرحله شیردهی دام های مورد آزمایش بسیار تأثیر گذار باشد.
- به دلیل سؤالات حل نشده در مورد کفایت TDN به عنوان یک استاندارد تغذیه ای برای دام های شیری، آزمایشات متعددی با گاوهای شیروار در آزمایشگاه متابولیسم انرژی انجام شده است. نتایج این آزمایش ها نیاز به یک سیستم انرژی خالص برای حیوادام های شیری را پیشنهاد کرده اند.
- از طرفی تایج آزمایشات متعدد حاکی از آن است که بازده استفاده از انرژی قابل سوخت و ساز برای تولید شیر ثابت نیست اما متناسب با تغییر غلظت کنسانتره در جیره تغییر می کند.
  - این آزمایشات نشان می دهد که نیاز به نوعی سیستم انرژی خالص برای پاسخگویی به این تغییرات است.

# Energy Partitioning



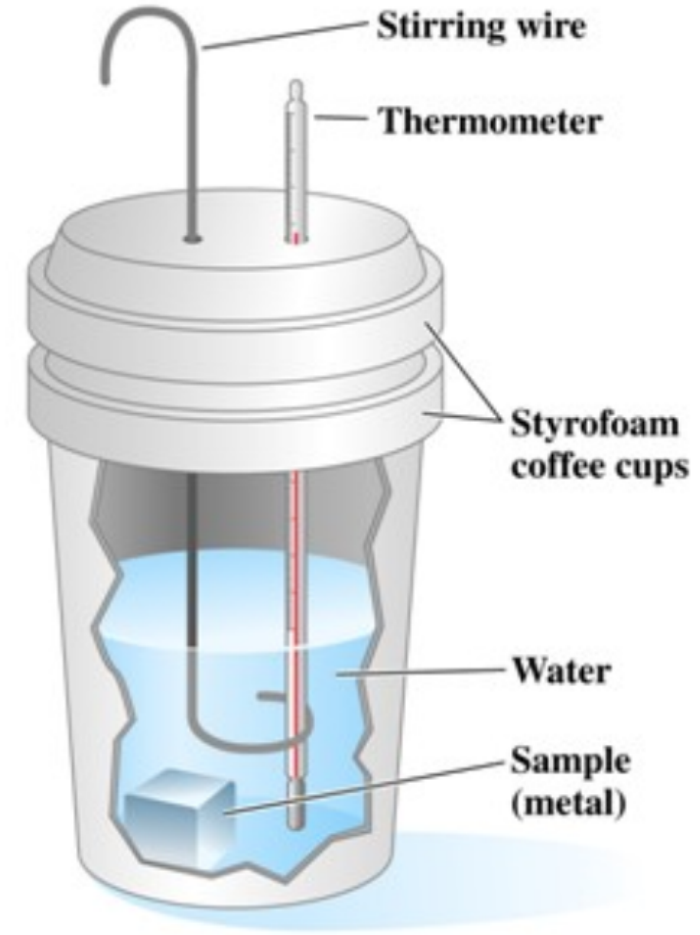
# انر ژی خام (Gross enrgy = GE)

- کل پتانسیل انرژی خوراک
  - اندازه گیری توسط بمب کالری متری
  - اندازه گیری حرارت آزاد شده
- چربی ها > پروتئین ها> کربوهیدراتها
- متوسط نسبت ۱ – ۱.۷ – ۲.۵
- آب و خاکستر فاقد انرژی هستند
- انرژی خام بیان کننده قابلیت دسترسی انرژی نیست
  - همبستگی بین انرژی خام و مفید بودن برای دام پایین است
  - دانه ذرت ٤.٥ کیلوکالری بر گرم
  - کاه یولاف ٤.٧ کیلوکالری بر گرم

# Calorimeters

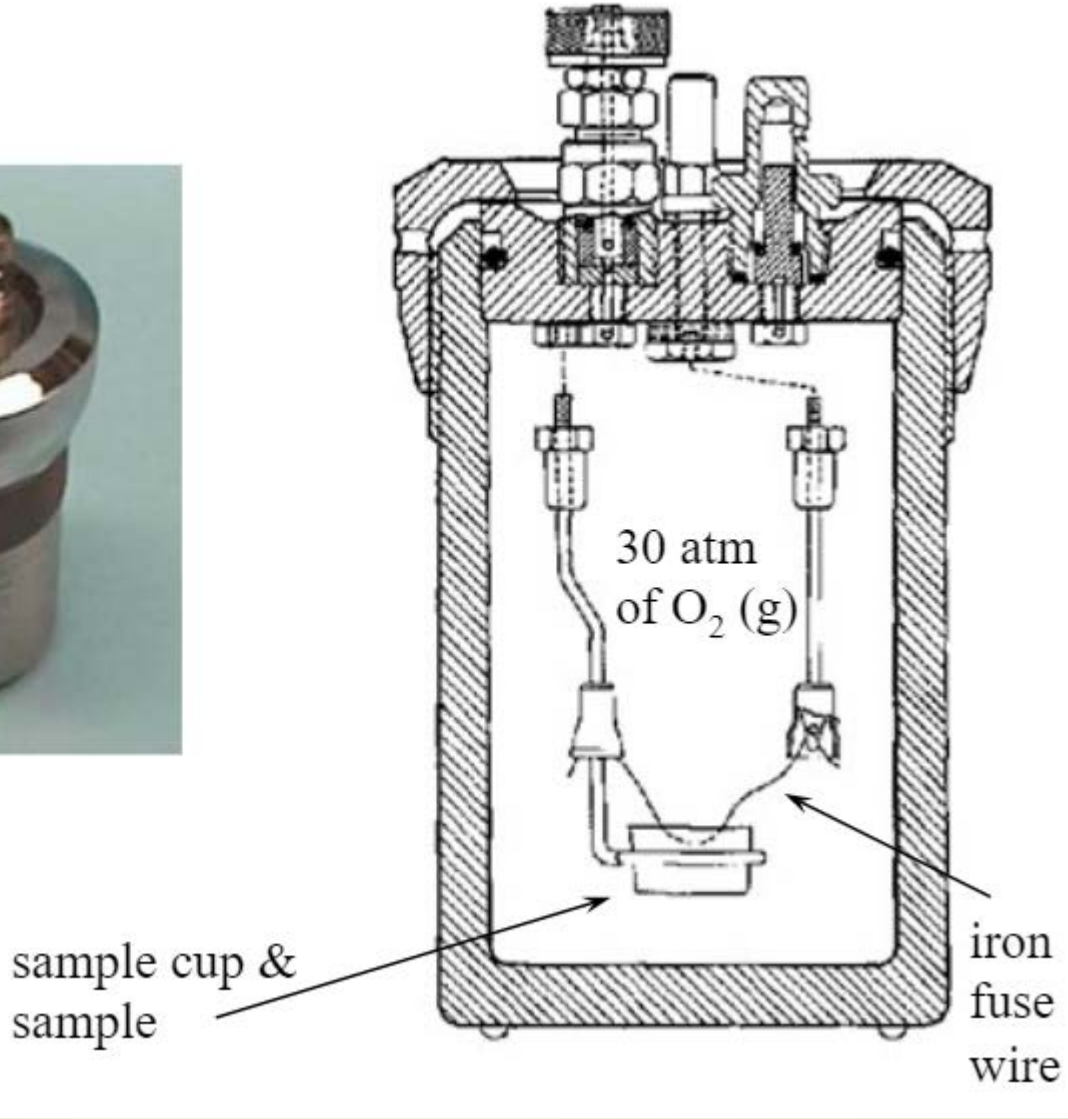
A **calorimeter**

- is used to measure heat transfer.
- can be made with a coffee cup and a thermometer.
- indicates the heat lost by a sample
- indicates the heat gained by water.

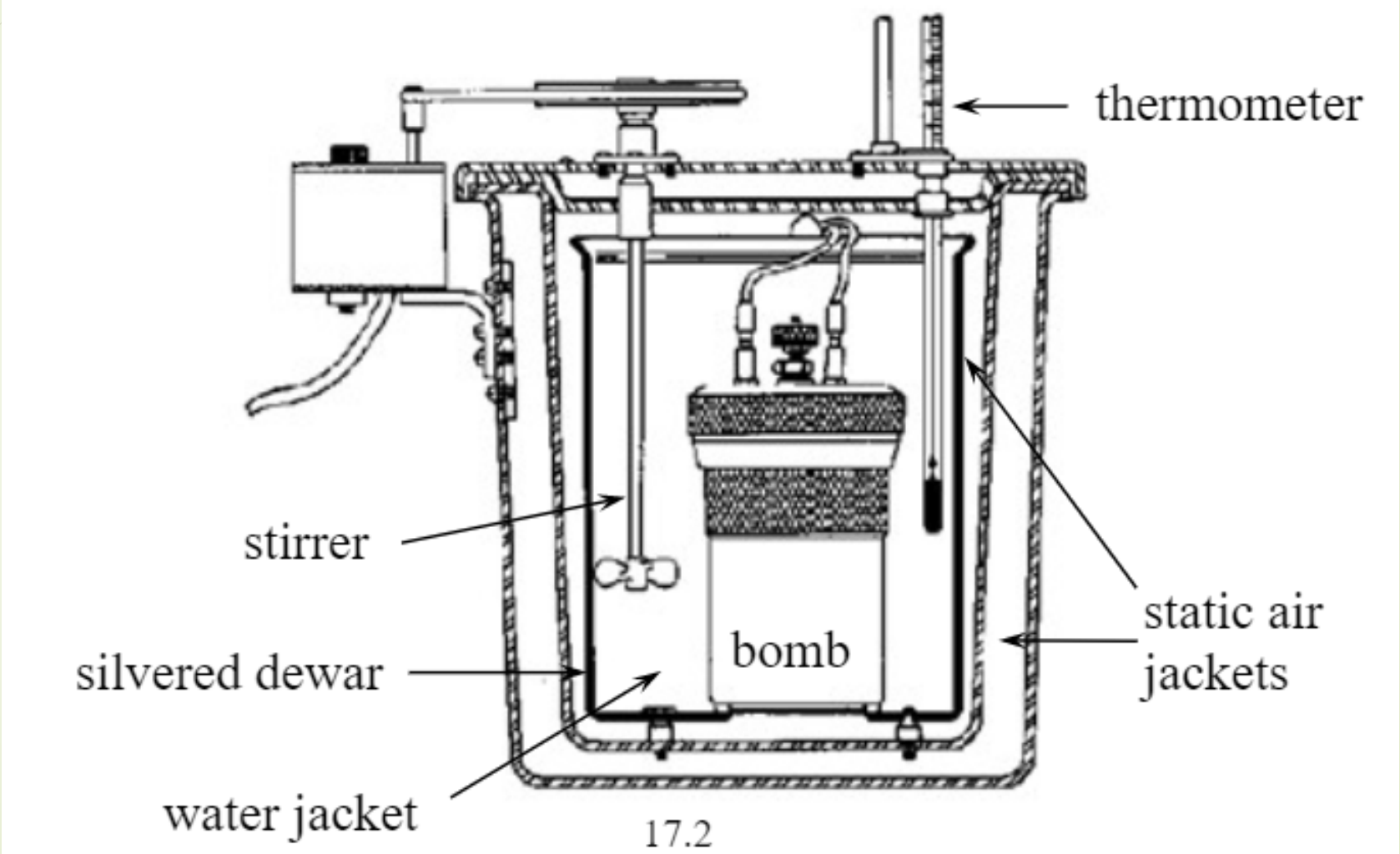


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

# کالریمتری برای تعیین انرژی خوراک



# کالریمتری برای تعیین انرژی خوراک



# مراحل اندازه گیری انرژی خام خوراک با کالریمتر

- تهیه نمونه ( آسیاب کردن، پلت کردن، قرار دادن در بمب کالریمتری)
- شارژ سیم بمب با اکسیژن
- قرار دادن نمونه د رکالری متر در داخل مقدار مشخص آب
- اندازه گیری دمای اولیه
- ایجاد جرقه
- اندازه گیری دمای نهایی
- محاسبات
- افزایش دما × گرم آب = کالری در نمونه
- کالری در نمونه × مقدار خوراک = کالری در خوراک
- بطور مشابه در نمونه مدفوع

# انرژی قابل هضم(Digestible Energy)

- انرژی قابل هضم= انرژی خام – انرژی مدفوع
  - هدرروی مدفوع
  - نشخوارکنندگان > تک معده ایها
  - نشخوارکنندگان
    - می تواند کمتر از ٦٠ ٪ در جیره های حاوی علوفه های خشبی و ک کیفیت باشد
  - تک معده ایها
    - قابلیت هضم انرژی با افزایش وزن بدن تا حدودی افزایش می یابد

# انرژی قابل متابولیسم (Metabolizable Energy)

- **ME = DE – (E in gas + E in Urine)**
  - باید در حیوان بدون رشد محاسبه شود
    - بالانس نیتروژن صفر
    - انباشت یا کسر پروتئین از عضلات سبب انحراف از ارزش آن می شود
  - ادرار (اوره) حدود ۵ ٪ GE
    - هدرروی به سبب متابولیسم پروتئین
    - نشخوارکنندگان< تک معده ای ها
  - گازهای احتراقی
    - نشخوارکنندگان>>> تک معده ای ها
      - عمدتاً هدرروی از طریق متان، حدود ۳-۱۰ درصد GE
      - هدرروی در تک معده ای ها کم و قابل اغماض است ، حدود ۰/۱ تا ۳ درصد DE
  - انرژی قابل متابولیسم با استفاده از آزمایشات هضم + جمع آوری گاز تولید شده تعیین می شود

# انرژی قابل متابولیسم (Metabolizable Energy)

ادامه

- عمدتا در جیره نویسی طیور، گوسفند، خوک و حیوانات همراه مورد استفاده قرار می گیرد.
- ارتباط با DE
  - نشخوارکنندگان
    - $ME, Kcal/kg = DE \times 0.82$
  - خوک
    - $ME\ (Kcal/kg) = DE \times (1.012 - (0.0019 \times \%\ protein))$
    - در مورد محصولات فرعی کارخانجات ممکن است تخمین بالاسری باشد

# انرژی ابقاء شده Retained Energy

- **RE = ME – Heat loss (HE)**

- قابل اندازه گیری از طریق :
- مطالعات کالری متری
  - اندازه گیری مصرف انرژی و هدرروی انرژی
- آزمایشات کشتار مقایسه ای
  - اندازه گیری مصرف انرژی و انرژی ابقاء شده در افزایش وزن

- انرژی قابل متابولیسم برای موارد زیر استفاده می شود:
  1. نگهداری (هدرروی حرارت)
  2. تولید (افزایش در توده بدن، شیر، تولید مثل، پشم)
- مقادیر خوراک
- انرژی مورد نیاز برای نگهداری عبارت است از HE در زمانی که خوراکی مصرف نمی شود
- خوراک مورد نیاز برای نگهداری ($I_m$) عبارت است از مصرف خوراک وقتی RE = 0

# انرژی خالص (Net Energy= NE)

- مقدار انرژی که کاملاً برای حیوان مفید است، برای نیاز نگهداری، تولید شیر یا رشد

$$NE = ME - HI$$

- حرارت افزوده (Heat increment=HI): افزایش در هدرروی انرژی به صورت حرارت به سبب هزینه های انرژی فرآیندهای متابولیکی و هضم
  - کار هضم
    - ✓ فعالیت، مصرف خوراک و جویدن، انقباضات دستگاه گوارش
      - بیش از ۳۰ ٪ کل حرارت از دست رفته در نشخوارکنندگان
      - علوفه های با کیفیت کم سبب افزایش کار هضم
      - تحرک و هیجان برای وعده غذایی
  - حرارت تخمیر
    - ✓ حرارت آزاد شده در طول تخمیر میکروبی
      - حدود ۵ تا ۱۰ درصد GE
      - علوفه های با کیفیت کم سبب افزایش حرارت حاصل از تخمیر
      - افزایش چربی جیره سبب کاهش حرارت حاصل از تخمیر
  - حرارت متابولیسم مواد مغذی
    - ✓ حدود ۱۰ تا ۳۰ ٪ GE
- حرارت افزوده:
  - در آب و هوای سرد به تنظیم دمایی کمک می کند (اگر دمای محیط کمتر از ناحیه دمای حیاتی باشد و تین حرارت برای تنظیم دما به کار رود، جزئی از NEm به حساب می آید)
  - در آب و هوای گرم به حذف حرارت کمک می کند

# تعیین انرژی خالص نگهداری

- کالریمتری (Calorimetry)
  - قرار دادن حیوان در داخل کالریمتر دامی
  - اندازه گیری مصرف ME و تولید حرارت
  - NE (Mcal/Kg) = (ME intake – Heat production) / DMI
- کشتار مقایسه ای
  - تغذیه یک گروه از دام با جیره معمول به مدت دو هفته
  - کشتار تعدادی از دامها و خورد کردن گوشت اندامها
    - تعیین انرژی کل بدن (E1)
  - تغذیه باقیمانده دام ها با سطوح مختلف خوراک برای یک دوره زمانی
  - کشتار بقیه دامهای گروه و خورد کردن گوشت و اندام
    - تعیین انرژی کل بدن (E2)
  - Retained Energy (RE) = E2 – E1
  - NE (Mcal/kg) = RE/DMI (با فرض وجود یک رابطه خطی)
    - استفاده از NE برای نگهداری (NEm)، افزایش وزن بدن (NEg)، تولید شیر ($NE_l$) تعیین شده توسط معادلات رگرسیون

کالریمتری دامهای کوچک

کالریمتری دامهای بزرگ

# نیاز انرژی خالص برای نگهداری $NE_m$

## نیاز نگهداری:

- قسمتی از انرژی خالص مورد نیاز برای حفظ حیوان در تعادل انرژی
- بدون افزایش وزن یا هدرروی انرژی از بافت های بدن
- مقدار انرژی خوراک لازم است برای:
  - متابولیسم پایه: انرژی مورد نیاز برای حفظ فعالیتهای پایه حیاتی سلول
  - انرژی فعالیتهای اختیاری حیوان: انرژی مورد نیاز برای حرکات فیزیکی پایه برای بدست آوردن غذا، آب، دراز کشیدن و غیره.
  - حرارت جهت گرم کردن و تنظیم دمای بدن: وقتی دمای محیط کمتر از دمای حیاتی دام باشد حرارت مازاد مورد نیاز است.
  - حرارت برای سرد نگه داشتن بدن: وقتی دمای محیط بیشتر از ناحیه خنثی دمایی دام باشد، انرژی بیشتری صرف خواهد شد.

- **نیازمندیهای NEm**
  - گاوهای گوشتی
    - $NE_m\ (Mcal/d) = 0.077 \times EBW^{o.75}$
  - گاوهای شیری
    - $NE_m\ (Mcal/d) = 0.080 \times EBW^{o.75}$
  - بر اساس وزن، نژاد، سن، جنس، فصل، دما، وضعیت تغذیه ای، وضعیت فیزیولوژیکی متغییر است
- **اهمیت در محاسبات انرژی خالص برای حیوانات در حال رشد**
  - قبل از محاسبه مقدار خوراک برای رسیدن به سطح معینی از افزایش وزن بدن باید همیشه مقدار خوراک لازم برای نگهداری حیوان را محاسبه کند

# ارتباط NE با ME

- گاوهای گوشتی (بر اساس کشتار مقایسه ای)

- **NE (maintenance) = NEm = 1.37 ME – 0.138 $ME^2$ + 0.0105 $ME^3$ – 1.12**

- **NE (gain) = NEg = 1.42 ME – 0.174 $ME^2$ + 0.0122 $ME^3$ – 1.65**

- **انرژی خالص برای تولید (NEp)**
- **انرژی بالاتر از NEm مورد نیاز است**
- **تولید می تواند رشد یا تولید شیر باشد**
- **افزایش وزن (NEg)**
  - **انرژی خالص باقیمانده پس از تامین نیازهای نگهداری**
  - **انرژی خالص برای افزایش وزن در مقایسه با نگهداری با راندمان پایین تری مورد استفاده قرار می گیرد**

- **انرژی خالص برای شیرواری ($NE_l$)**
  - **انرژی خالص برای شیرواری در مقایسه با نگهداری با راندمان مساوی مورد استفاده قرار می گیرد**
    - **اهمیت راندمان مساوی استفاده انرژی خالص برای نگهداری و شیرواری**
      - **نیازهای خالص انرژی برای گاوهای شیری می تواند با یک ارزش بیان شود**
      - **انرژی خالص برای شیرواری ($NE_l$)**
  - **نیاز انرژی برای شیرواری موارد زیر را در نظر می گیرد:**
    - **میزان تولید شیر**
    - **درصد چربی شیر تولیدی**
- **$NE_l$ شامل انرژی مورد نیاز برای آبستنی، تولید مثل و تولید شیر است**

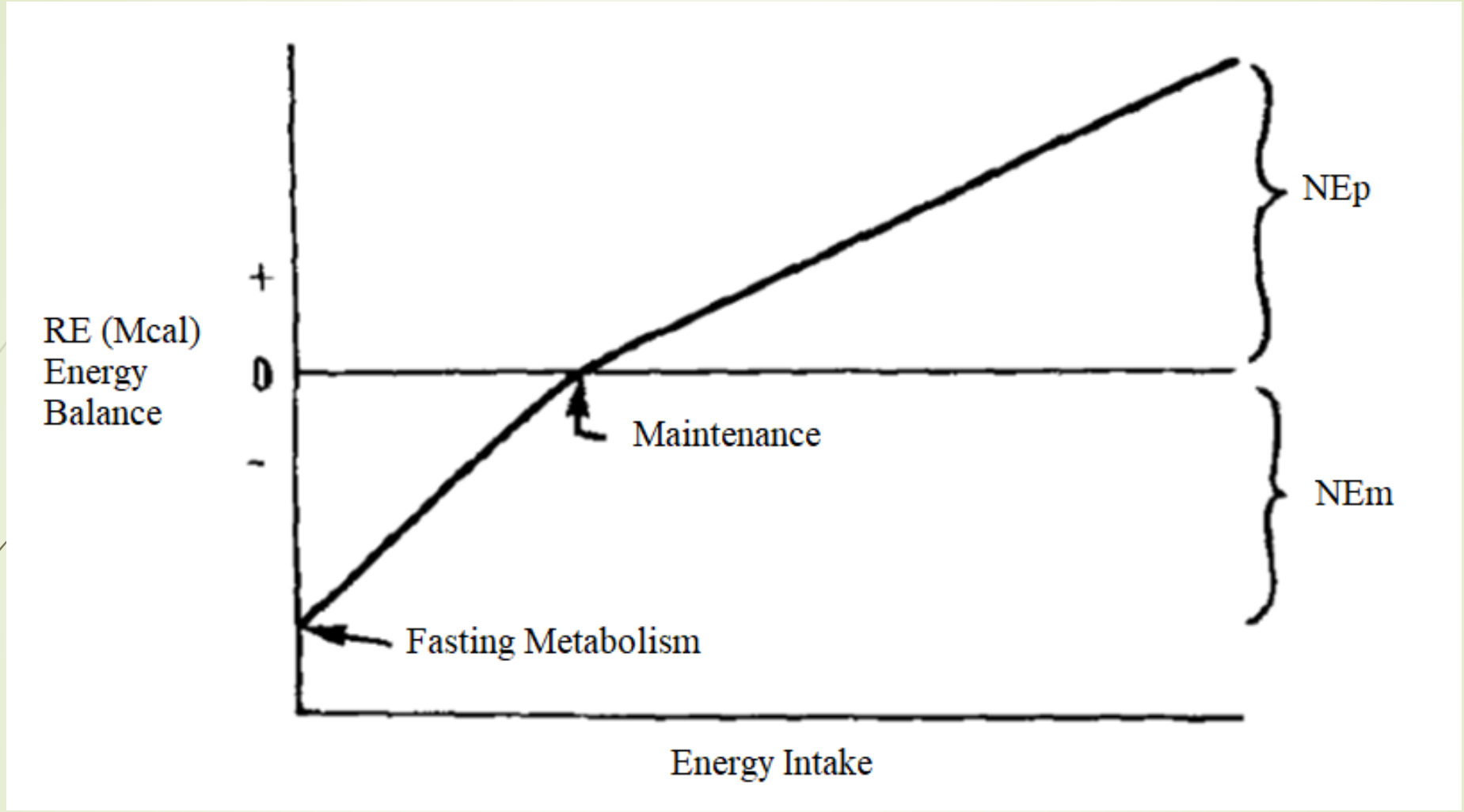
# Moe et al. 1979

- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.677 DE (Mcal/kgDM) - 0.36**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.703 ME (Mcal/kgDM) - 0.19**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.0305 % DE - 0.41**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.0309 % ME - 0.19**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.0266 % TDN- 0.12**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.0307 % DDM - 0.47**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.0273 % DOM - 0.12**
- **$NE_l$ (Mcal/kg DM) = 0.809 ENE (Mcal/kgDM) + 0.54 (ENE=estimated net energy)**

- **نتایج ۵۴۳ آزمایش بالانس انرژی با گاوهای شیروار نشان می دهد که:**

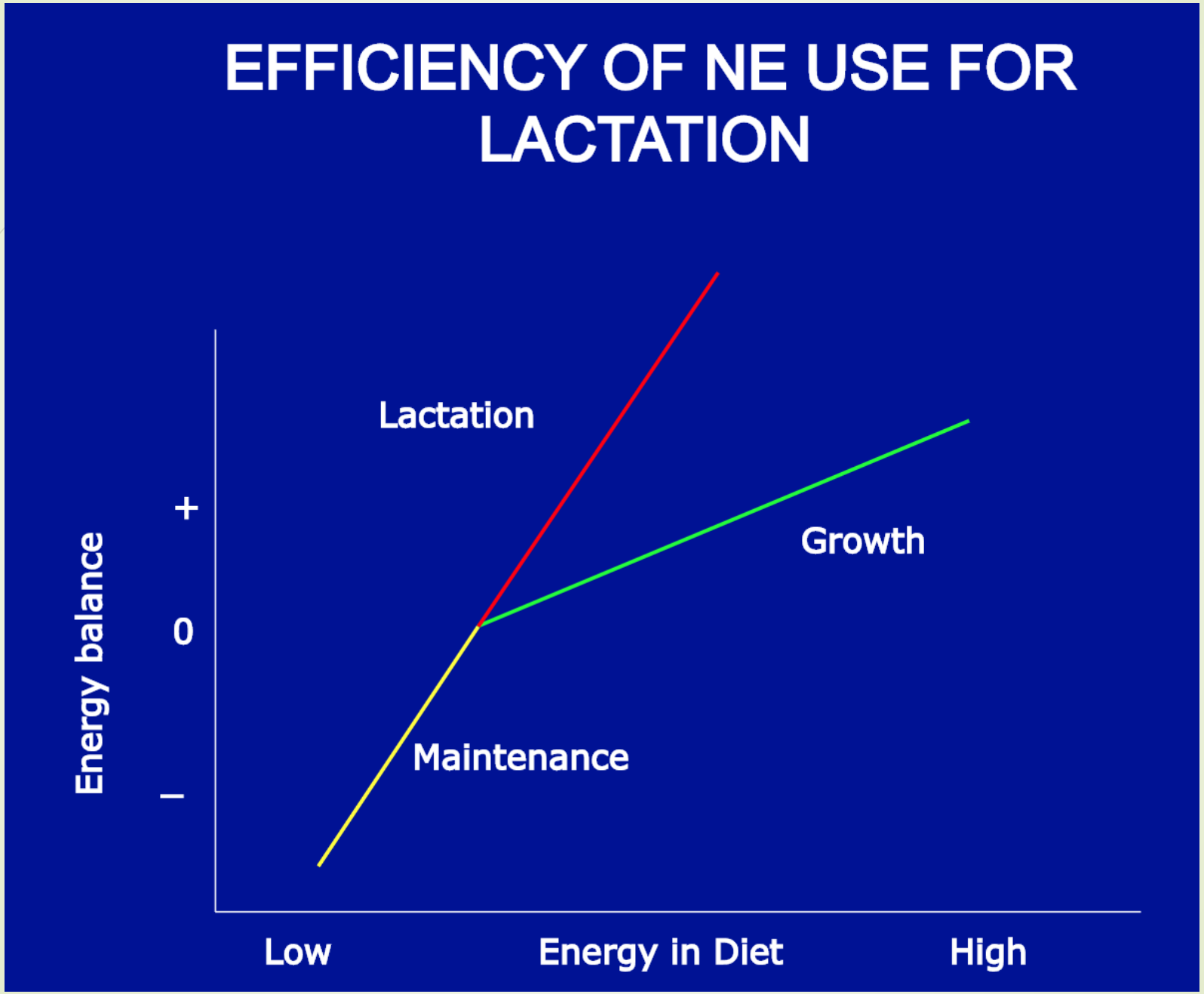
  - **مقدار انرژی مورد نیاز برای نگهداری گاوی شیری غیرآبستن در تعادل انرژی بدن و مصرف جیره با پروتئین بهینه در شرایط فعالیت بدنی محدود، ۷۳ کیلو کالری $NE_l$ به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی ($BW^{0.75}$) است.**
  - **مقدار انرژی خالص مورد نیاز برای تولید شیر ۰/۷٤ مگاکالری $NE_l$به ازای هر کیلوگرم شیر تصحیح شده برای ٤٪ چربی است.**
  - **تغییر در راندمان انرژی ME برای تولید شیر بسیار کمتر از مقدار آن برای DE است**
  - **قابلیت متابولیزه شده جیره ها نسبت ثابتی از انرژی قابل هضم نیست بلکه مربوط به غلظت DE و مصرف خوراکی است.**
  - **راندمان استفاده از انرژی خالص برای فرایندهای مختلف، یکسان نیست**

- انرژی خالص همیشه با راندمان بالایی برای نیاز نگهداری دام مصرف می شود
- انرژی خالص با راندمان مشابه نیاز نگهداری برای تولید شیر مصرف می شود.
- انرژی خالص با راندمان پایین برای نیاز افزایش وزن (رشد و پروار شدن) مصرف می شود




- **رابطه بین تعادل انرژی و اصطلاحات انرژی خالص کلاسیک:**
  - **انرژی خالص مورد نیاز برای نگهداری (NEm) برابر با متابولیسم ناشتا است**
  - **انرژی خالص برای تولید (NEP) برابر با مقدار کالری محصولات تولید شده است.**

# EFFICIENCY OF NE USE FOR LACTATION



# COMPARISON OF ENERGY FRACTIONS IN DIFFERENT FEEDSTUFFS

| | Corn grain kcal/g | Alfalfa Hay (midbloom) kcal/g | Oat Straw kcal/g |
|---|---|---|---|
| Gross Energy | 4.5 | -- | 4.7 |
| Digest. Energy | 3.92 | 2.56 | 2.21 |
| Metab. Energy | 3.25 | 2.10 | 1.81 |
| NEm | 2.24 | 1.28 | 0.97 |
| NEg | 1.55 | 0.68 | 0.42 |

# Nicol & Brookes (2007) ME requirenmet of grazing livestock

- $ME_{Maintenance}$ (MJ/day) = (0.56 MJ ME/kg LW0.75,
- $ME_{Lactation}$ (MJ/day) = (1.1 × Milk yield (kg/day) × Net energy (NE)/k (Efficiency with which
- ME is utilized))

  NE = (0.376 × Fat %) + (0.209 × Protein %) + 0.976) MJ NE/litre,

  k = (Feed ME MJ/ kg DM × 0.02) + 0.4)
- $ME_{Activity}$ = (0.0037 MJ ME/kg LW per horizontal km walked).
- total ME requirements as the sum of ME for maintenance ($ME_{Maintenance}$), lactation ($ME_{Lactation}$) and activity ($ME_{Activity}$)
- Dry matter intake (kg/day) = total ME requirement (MJ/day) / feed ME (MJ/kg DM).
- PUE (protein use efficiency) (g/g) = feed protein (g/day/cow) / milk protein (g/day/cow).