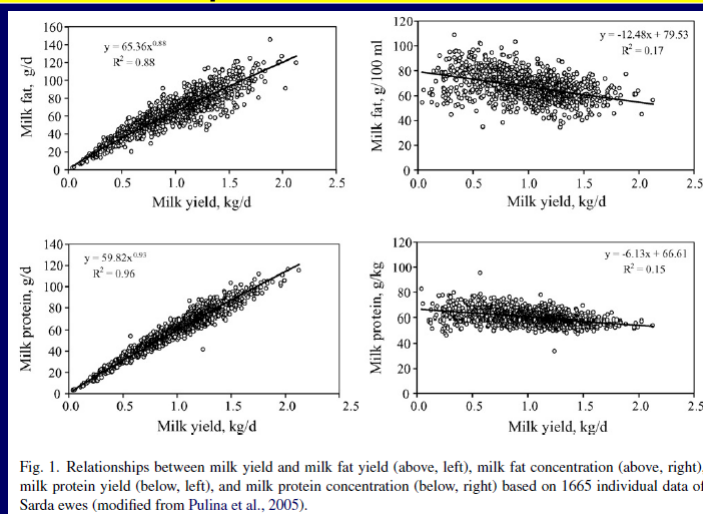


## La composizione del latte come indicatore nutrizionale

1

1

### % di grasso e proteine del latte al variare della produzione di latte



Equazioni di calcolo della relazione tra produzione di latte e % di grasso e proteine (derivate da 1665 dati di produzione e composizione individuale di pecore Sarde).

Grasso (g/kg) = -12,48 latte (kg) + 79.53    Proteina (g/kg) = -6,13 latte (kg) + 66.61

2

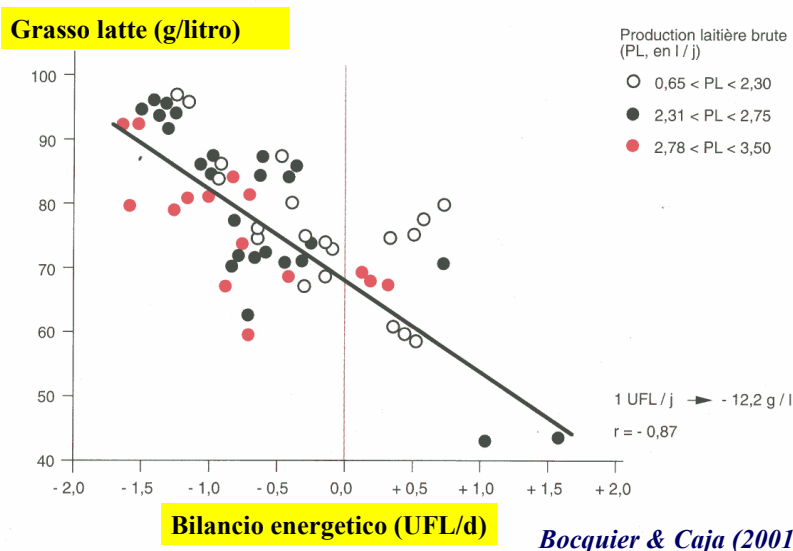
## Il grasso del latte come indicatore del bilancio energetico (BE) degli animali

- ✓ Il BE è il più importante fattore che influenza la % di grasso nel latte, specialmente nei primi mesi di lattazione
- ✓ La relazione tra BE e % di grasso è negativa
  - se il BE è negativo aumenta la % di grasso nel latte

3

3

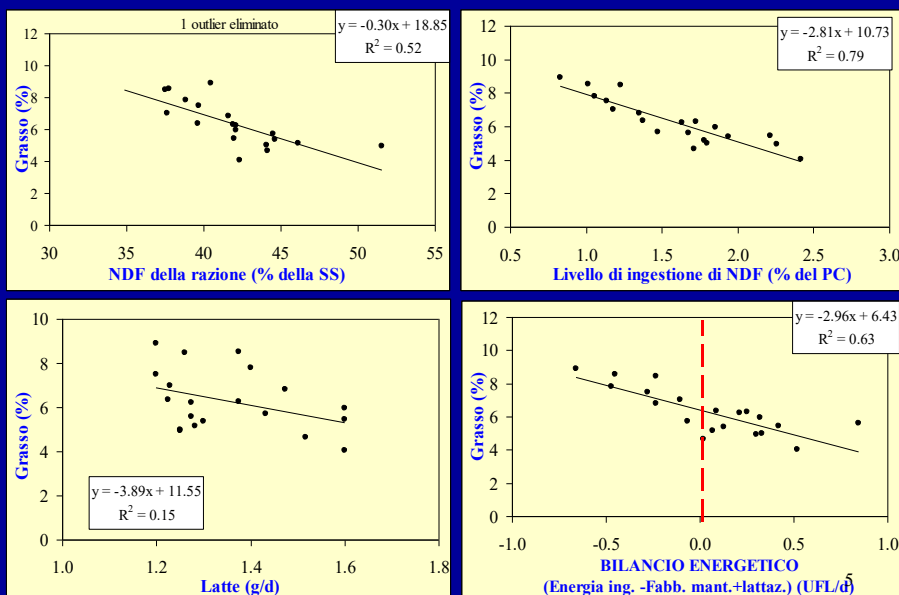
### Relazione BE e grasso del latte



4

4

## Dati Avondo - Produzione di latte 1.2-1.6 kg/d



5

## Il grasso del latte

- costituito prevalentemente da **trigliceridi** sintetizzati nella ghiandola mammaria a partire da acidi grassi (AG) di differente provenienza
- **C4 -C14** e una **parte dei C16** sono sintetizzati **DE-NOVO** nella ghiandola mammaria a partire da **acetato** e **b-idrossibutirrato** derivanti dai processi di fermentazione ruminale
- **C18-C24** e una **parte dei C16** sono derivati dagli AG ematici di origine **alimentare** o mobilizzati dalle **riserve lipidiche corporee** (Acidi grassi **PREFORMATI**)

6

### • Perché il BE influenza la % di grasso del latte?

- se il **BE è negativo**, la mobilizzazione delle riserve lipidiche comporta l'aumento di AG a catena lunga (preformati) nel circolo ematico
- la ghiandola mammaria capta questi AG, per cui aumenta  $\uparrow$  la % di grasso (ed  $\uparrow$  la % di AG  $\geq$  C16 nel grasso del latte)
- se il **BE è positivo**, diminuiscono  $\downarrow$  questi AG nel sangue,  $\downarrow$  la % di grasso (ed  $\downarrow$  la % di AG  $\geq$  C16 nel grasso del latte), aumentano proporzionalmente gli AG a catena corta prodotti **de novo**

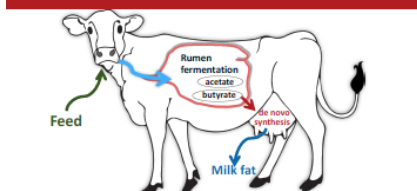
7

7

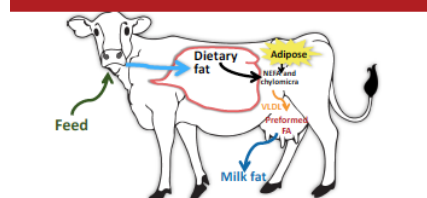
### Uso di indicatori nutrizionali legati alla qualità del latte: **gli acidi grassi** (Dati prof. Barbano, Cornell University)

Da dove vengono

#### De novo Fatty Acid Synthesis



#### Preformed Fatty Acids



(Barbano, 2017)

Gli AG sono misurabili in maniera economica nei laboratori latte (ad es. ARA Oristano li misura anche se li riporta in forma non utilizzabile a questo scopo)

8

### Influenza del livello energetico della razione sulla composizione acidica del latte ovino (Rossi & Pulina, 1991)

| Acidi grassi<br>(% peso) | Differenza di peso vivo<br>(kg per settimana) |         |         |
|--------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|
|                          | +1,5                                          | -1,1    | -3,8    |
| C4:0                     | 3,31                                          | 2,49    | 2,21    |
| C6:0                     | 2,81 a                                        | 1,29 b  | 0,84 b  |
| C8:0                     | 2,87 a                                        | 1,09 b  | 0,65 b  |
| C10:0                    | 5,62 a                                        | 2,70 b  | 1,52 b  |
| C12:0                    | 4,07 a                                        | 1,88 b  | 1,10 b  |
| C14:0                    | 9,84 a                                        | 6,96 a  | 3,43 b  |
| C16:0                    | 22,86                                         | 24,67   | 24,15   |
| C16:1                    | 1,50                                          | 1,56    | 1,57    |
| C18:0                    | 7,14 a                                        | 10,93 a | 13,58 b |
| C18:1                    | 16,91 a                                       | 21,52 a | 28,47 b |
| C18: 2                   | 5,42                                          | 5,86    | 6,47    |
| C18:3                    | 0,31 a                                        | 0,27 a  | 0,65 b  |



9

9

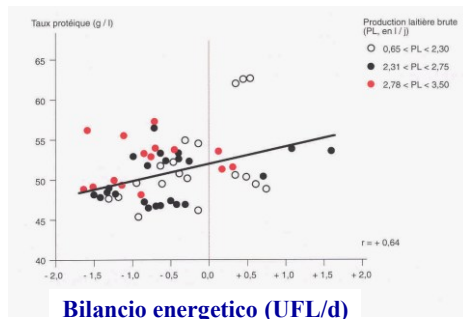
### 40-60% circa degli AG sono di derivazione ematica

1. **Chilomicroni**, contenenti AG e provenienti dall'intestino rappresentano una fonte ematica di AG per la mammella
2. **Very low density lipoproteins (VLDL)**, particolarmente importanti, che sono sintetizzate nell'intestino o nel fegato
  - VLDL sono composte per il 90-95% da lipidi (55-60% trigliceridi) che rappresentano la parte interna e dal 5-10% di proteine sulla superficie
3. **NEFA**, derivati dalla mobilizzazione delle riserve lipidiche corporee

Gli **AG contenuti nei chilomicroni e nelle VLDL** e dipendono dai lipidi presenti nella **dieta** e da quelli mobilizzati dal **tessuto adiposo**

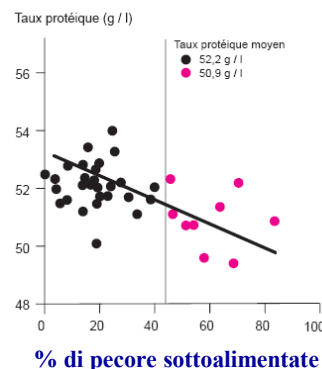
10

## Effetto del bilancio energetico sulla % di proteina di latte ovino



- ✓ La % di PROTEINA nel latte aumenta al crescere del BE degli animali (al contrario del grasso)
- ✓ La % di PROTEINA nel latte diminuisce negli animali in cui non sono coperte le esigenze energetiche (frequente ad inizio lattazione)

Figure 3. Effet du taux de couverture des besoins en énergie, exprimé en proportion des brebis dont les besoins ne sont pas couverts, sur le taux protéique moyen du lait livré à l'échelle de la campagne (Lagriffoul et al 1997).



Bocquier & Caja (2001)

11

## Rapporto grasso:proteine

**SE G:P > 1.3-1.4 ÷ 2.0 ad inizio lattazione,**

- Aumenta % animali in bilancio energetico negativo
- Aumenta % animali in chetosi subclinica
- Aumenta (nei bovini) incidenza problemi postparto : ritenzione placenta, metriti ed endometriti, dislocazione abomaso

**SE G:P < 1.0 ÷ 1.1**

- Cosidetta inversione grasso: proteine
- Indice di acidosi o subacidosi contenuto in fibra della razione (quantità, tipo e dimensioni)

12

12

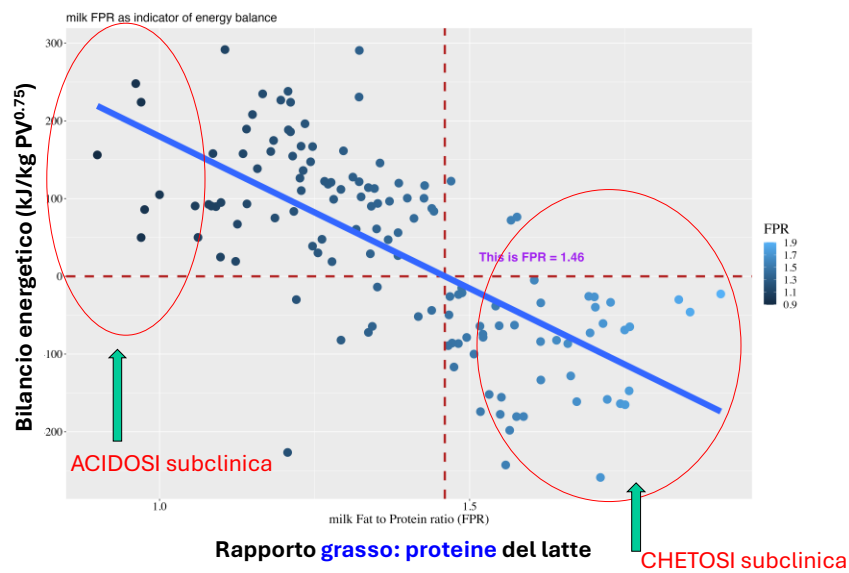
Rapporto **grasso: proteine** del latte come indicatore del bilancio energetico di **capre** (Fernandez et al., 2025)



Rapporto **grasso: proteine** del latte

13

Rapporto **grasso: proteine** del latte come indicatore del bilancio energetico di **capre** (Fernandez et al., 2025)



Rapporto **grasso: proteine** del latte

CHETOSI subclinica

14

## Rapporto grasso:proteine

**SE G:P > 1.3-1.4 ÷ 2.0 ad inizio lattazione,**

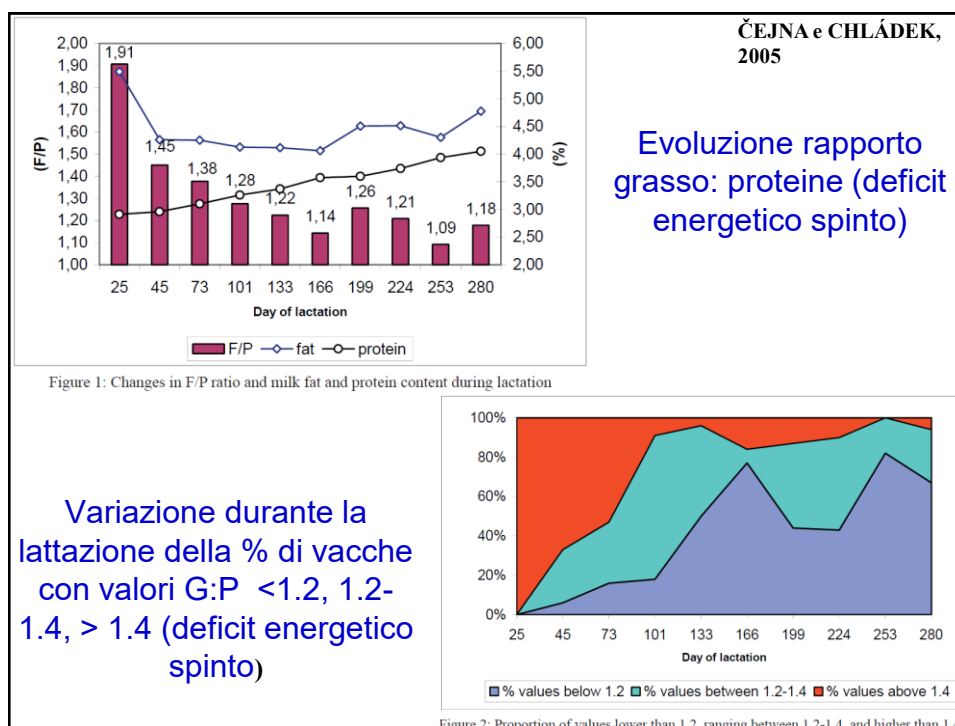
- Aumenta % animali in bilancio energetico negativo
- Aumenta % animali in chetosi subclinica
- Aumenta (nei bovini) incidenza problemi postparto : ritenzione placenta, metriti ed endometriti, dislocazione abomaso

**SE G:P < 1.0 ÷ 1.1**

- Cosiddetta inversione grasso: proteine
- Indice di acidosi o subacidosi contenuto in fibra della razione (quantità, tipo e dimensioni)

15

15



16

## Produzione di latte in vacche pluripare con diverso rapporto grasso proteine al 7° giorno di lattazione (Toni et al., 2011)

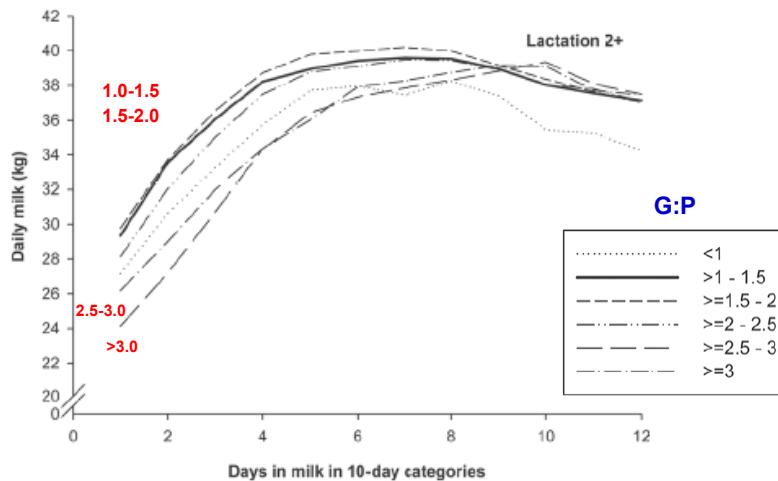
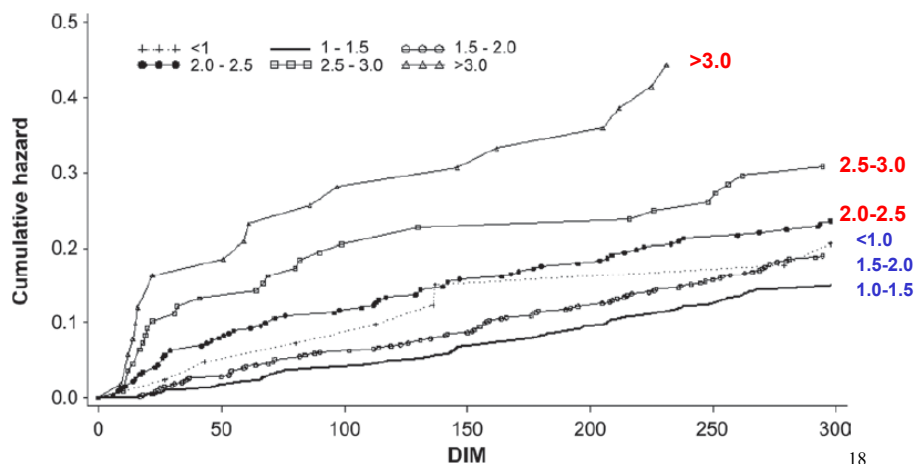


Figure 4. Milk production in kilograms per day by DIM in first-lactation animals (top) and animals in lactation 2 and higher (bottom) for each of the early lactation fat-to-protein ratio categories. Data are shown for the first 120 DIM.

17

17

## Rischio cumulativo di patologie nutrizionali al variare del rapporto grasso: proteine al 7° giorno di lattazione (Toni et al., 2011)



Cumulative hazard for the early lactation fat-to-protein ratio categories.

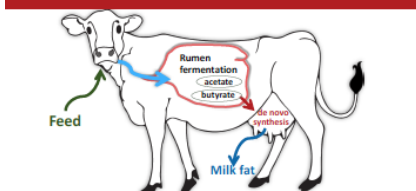
18

18

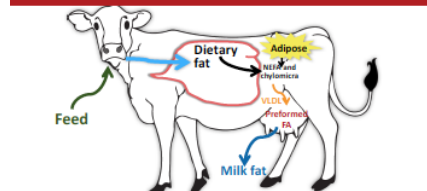
## Uso di indicatori nutrizionali legati alla qualità del latte: **gli acidi grassi** (Dati prof. Barbano, Cornell University)

Da dove vengono

### De novo Fatty Acid Synthesis



### Preformed Fatty Acids



(Barbano, 2017)

Gli AG sono misurabili in maniera economica nei laboratori latte (ad es. ARA Oristano li misura anche se li riporta in forma non utilizzabile a questo scopo)

19

## Gli acidi grassi

Da dove si originano?

### Acidi grassi de novo

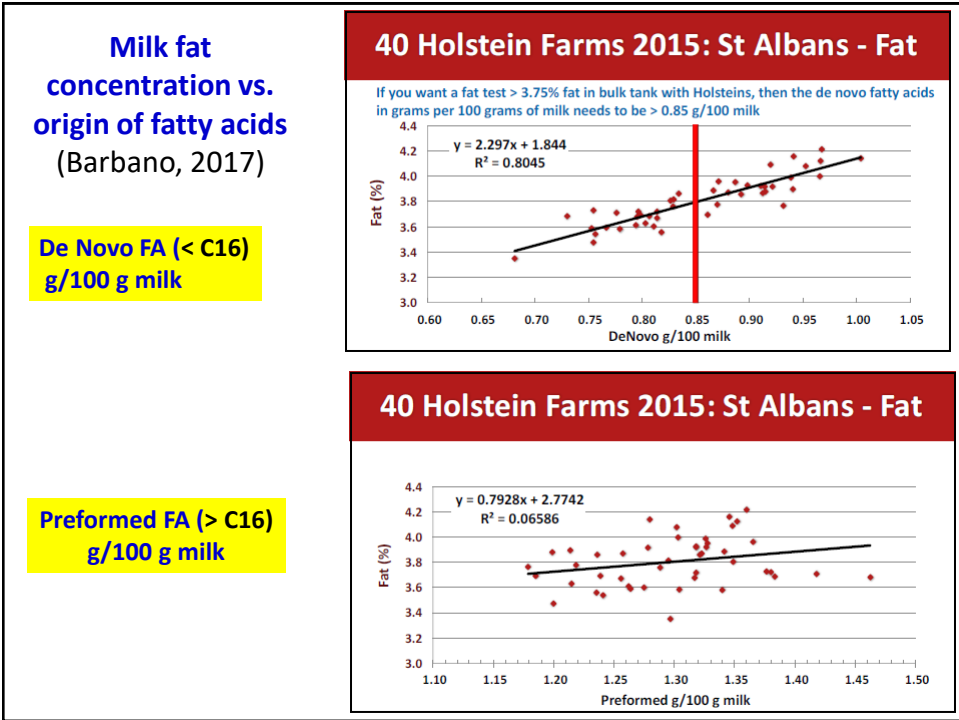
- ✓ Sintetizzati de novo dalla ghiandola mammaria **a partire da acetato e butirrato derivanti soprattutto dalla fermentazione della fibra nel rumine**
- ✓ acidi grassi con un numero di atomi di carbonio **compreso tra 4 e 16**

### Acidi grassi preformati

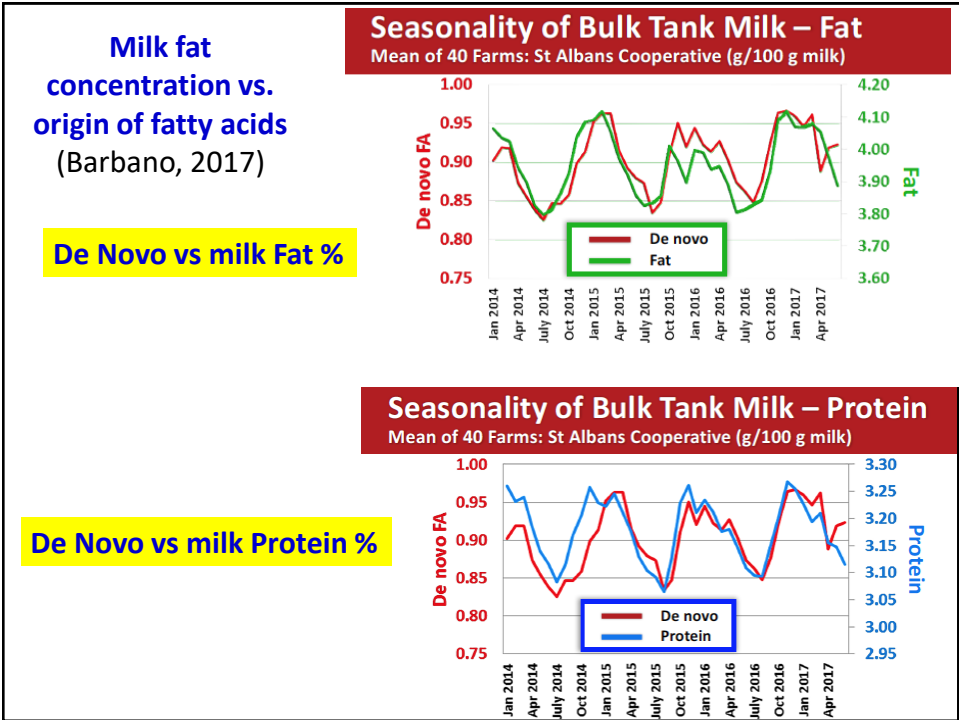
- ✓ sintetizzati nel tessuto adiposo sempre a partire da acido acetico ed idrossibutirrato, **oppure ingeriti direttamente dalla dieta**, arrivano alla ghiandola mammaria come acidi grassi non esterificati (NEFA)
- ✓ acidi grassi con un numero di atomi di carbonio **pari o superiore a 16**

**Gli AG sono misurabili in maniera veloce ed economica nei laboratori latte**

20



21



22

## Fattori che influenzano la sintesi de novo degli AG nel periodo con bilancio energetico positivo

**Spazio di alimentazione limitato** (< 46 cm per capo) o **densità eccessiva** di animali (> 1.1 vacche per posta in mangiatoia) RIDUCE gli AG de novo, la % di grasso e di proteine

Elevata % di grasso nella razione riduce gli AG de novo

Più AG de novo con peNDF al 26.8% rispetto peNDF 21.4% della SS ( $P > 0.01$ ; Barbano, 2017)

Qualità della fibra: se elevata aumentano de novo, grasso e proteine del latte

23

## High de novo FA and high milk fat with high fiber quality, intake and fermentation (Barbano, 2017)

### Bulk Tank Milk – fat and protein output

#### Excellent fermentation of forage needed!

A high level of and output of denovo fatty acids in the milk indicates that the rumen fermentation is working very well and high levels of acetate, propionate, and butyrate are being produced in the rumen.

Excellent fermentation of forage produces a larger microbial biomass in the rumen and provides more essential amino acids in support of milk protein synthesis.

De novo fatty acid measurement in milk is excellent tool to evaluate the effectiveness of rumen fermentation and forage digestion.

Higher peNDF as a % of DM for the **high** de novo fatty acid farms (26.8 vs 21.4%) ( $P < 0.01$ )

24

24

## Possiamo monitorare il bilancio energetico?

- Gli acidi grassi del latte possono essere analizzati di routine con tecniche **MIR (e.g. Milkoscan)**, come già fatto dal laboratorio **LAORE** della Sardegna ed altri laboratori nazionali ed internazionali
  - È necessario però sviluppare indici su DeNovo/Preformati

| Misurando                 | Descrizione | Espressione | Tecnica di Prova     |
|---------------------------|-------------|-------------|----------------------|
| =====                     | Risultato   | Risultato   | =====                |
| Grasso                    | Gr.         | g/100 ml    | FT Infrarosso        |
| Proteine                  | Prot.       | g/100 ml    | FT Infrarosso        |
| Lattosio                  | Latt.       | g/100 ml    | FT Infrarosso        |
| Cellule somatiche         | Cell.       | cell/µl     | Citometria di flusso |
| Punto crioscopico         | Cr.FT       | °H          | FT Infrarosso        |
| Carica batterica totale   | C.Bat.      | UFC/µl      | Citometria di flusso |
| pH                        | pH FT       | pH          | FT Infrarosso        |
| Urea                      | Ur.FT       | mg/dl       | FT Infrarosso        |
| Acidi grassi saturi       | A.G.S.      | g/100 g     | FT Infrarosso        |
| Acidi grassi insaturi     | A.G.I.      | g/100 g     | FT Infrarosso        |
| Acidi grassi monoinsaturi | A.G.M.      | g/100 g     | FT Infrarosso        |
| Acidi grassi polinsaturi  | A.G.P.      | g/100 g     | FT Infrarosso        |
| Cloruro di sodio          | NaCl        | mg/100ml    | FT Infrarosso        |

25

- **A parità di BE (specie se BE >0), altri fattori influenzano la % di grasso del latte:**
  - contenuto in fibra della razione (quantità, tipo e dimensioni)
  - contenuto lipidico della razione e grassi protetti
  - contenuto proteico
  - additivi alimentari (ad esempio tamponi ruminali)
  - frequenza dei pasti

26

26

### Contenuto in fibra nella razione

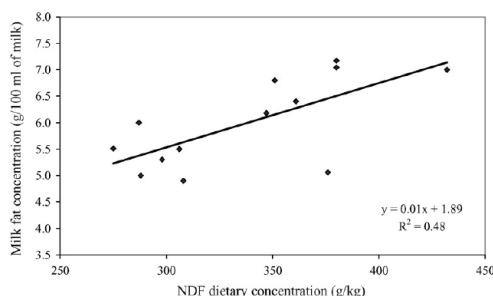
La percentuale di grasso del latte è positivamente correlata con la **concentrazione fibrosa** della razione per effetto dell'aumento del rapporto (acetato+butirrato)/propionato che favorisce la sintesi *ex novo* dei lipidi nella mammella.

Maggiore NDF significa però minore ingeribilità e digeribilità della razione a cui consegue una riduzione della produzione di latte che risulta più concentrato

Una insufficiente quantità di NDF può provocare, però, fenomeni di acidosi con abbassamento sia della produzione di latte che di grasso

27

### Grasso latte %e NDF% in pecore e capre alimentate in stalla



Serra et al, 1998  
Pecore con latte > 1.5 kg/d

$$\text{Fat (g/kg)} = 44.6 - 0.128 \times \text{Concentrate (\% DM)} \quad (R^2 = 0.98) \quad (1.1)$$

$$\text{Fat (g/kg)} = 35.7 - 0.050 \times \text{Concentrate (\% DM)} \quad (R^2 = 0.97) \quad (1.2)$$

Schmidely and Sauvant, 2001; capre alimentate con razioni unifeed (TMR)

**Grasso % latte ↑ quando razione NDF % ↑**

- è dovuto al fatto che l'EB diventa meno positivo o è per la maggiore produzione De Novo?

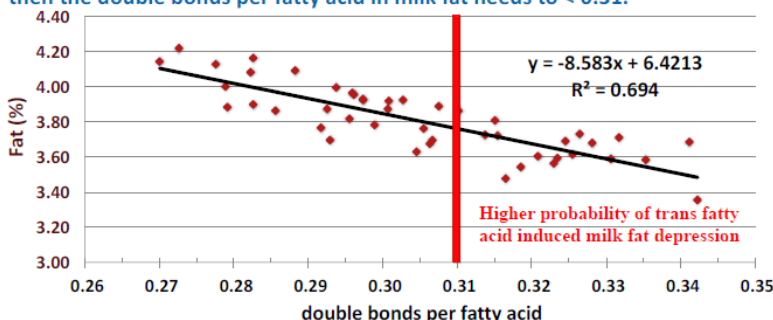
28

28

## Acidi grassi trans (precursori: erbe, olii) riducono la percentuale di grasso nel latte (Barbano, 2017)

### 40 Holstein Farms 2015: St Albans – Fat Fat % vs double bonds per fatty acid

If you want a fat test > 3.75% fat in bulk tank with Holsteins, then the double bonds per fatty acid in milk fat needs to < 0.31.



29

29

### Tipo di fibra nella razione

La fibra proveniente dalle leguminose, ed in particolare da erba medica, è quella dotata di maggiore digeribilità ruminale e consente perciò elevate ingestioni senza influenzare notevolmente il rapporto acetato/propionato e quindi percentuale di grasso del latte

### Dimensione della fibra nella razione

La riduzione delle dimensioni delle particelle dell'alimento fibroso comporta una riduzione dei tempi di masticazione ed una maggiore velocità di transito ruminale con conseguente diminuzione del rapporto acetato/propionato

### Relazione peNDF e % di grasso del latte di vacca

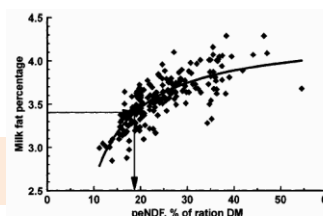


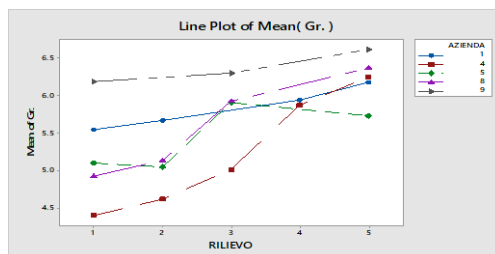
Figure 2. Relationship of physically effective neutral detergent fiber (peNDF) to observed milk fat percentage adjusted for citation effects (•) showing reciprocal regression line [milk fat = 4.32 - 0.171(1/peNDF);  $r^2 = 0.63$ ; SE = 0.17] and the peNDF concentration needed to obtain milk containing 3.4% fat.

30

### Amidi e zuccheri

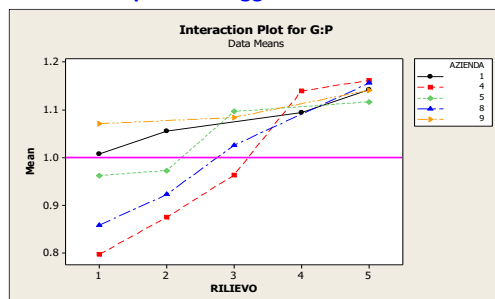
Riducono la % di grasso del latte quando causano acidosi subclinica

% grasso del latte



12 aprile - 7 maggio 2021

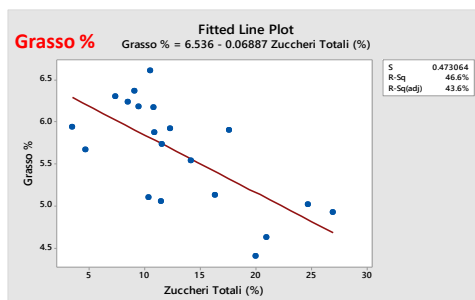
Rapporto  
grasso:proteine del  
latte



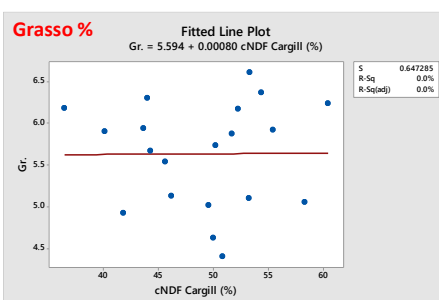
Tesi di laurea Francesca Satta  
5 aziende ovine del Goceano

31

### Correlazione % di grasso del latte e gli zuccheri totali e del NDF dell'erba



Zuccheri totali



NDF

La bassa % in grasso del latte in pecore che ingerivano erba ricca di zuccheri potrebbe essere dovuta al fatto che **gli zuccheri possono determinare forti abbassamenti di pH ruminale**, a seguito dell'elevata produzione di acido propionico e butirrico. La fibra NDF non influenzava il grasso del latte

32

### Contenuto lipidico della razione

L'aggiunta di **grassi non protetti** ai concentrati in piccole quantità può favorire l'aumento del contenuto lipidico del latte;

Il valore massimo di integrazione è stato individuato nella vacca da latte nel 10% sulla SS dei concentrati, mentre nelle pecore è del 5-7%

In genere *non bisogna superare il 5-6% di grassi totali della razione*; superata tale soglia si osserva sia una riduzione della digeribilità della fibra in quanto i grassi inibiscono l'accrescimento e l'attività dei microrganismi sia una riduzione del livello di ingestione → **riduzione percentuale di grasso nel latte**

Tale inconveniente può essere risolto con l'impiego di **grassi protetti**, capaci di superare la degradazione ruminale per essere digeriti a livello intestinale

### Grassi protetti:

- **Sali di calcio di acidi grassi di olio di palma** (45% insaturi; instabile a basso pH ruminale ed idrolizzati nello stomaco)
- **Grassi idrogenati**: acidi grassi di palma saturati (quindi inerti nel rumine), ricchi di ac. stearico (C18)
- **Grassi frazionati**: come sopra ma ricchi di acido palmitico (C16), ottenuti frazionando i grassi in due componenti: stearina (solida) + oleina (liquida)

33

**TAB. 1 - CARATTERISTICHE DELLA FRAZIONE LIPIDICA DELLE PRINCIPALI FONTI DI GRASSI NELLA DIETA DEI RUMINANTI**

| Tipo di grasso                  | C16:0 | C18:0 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | Altri |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Semi di colza                   | 4.8   | 2.1   | 60.5  | 20.8  | 9.2   | 2.6   |
| Semi di girasole alto oleico    | 3     | 5     | 83    | 9     | -     | 0     |
| Semi di girasole alto linoleico | 5.1   | 4.3   | 21.6  | 66.8  | 0.3   | 1.9   |
| Semi di cotone                  | 24    | 2     | 17    | 47    | < 1   | 10    |
| Semi di soia                    | 11.3  | 4.1   | 22.4  | 53.5  | 7.2   | 1.5   |
| Semi di lino                    | 3.6   | 3.4   | 18.8  | 16.3  | 54.4  | 3.5   |

(Doreau et al., 2012)

**TAB. 2 - PROFILO ACIDICO DELLE DIFFERENTI FONTI LIPIDICHE BYPASS OTTENUTE DA OLIO DI PALMA COMUNEMENTE IMPIEGATE NELL'ALIMENTAZIONE DEI RUMINANTI (%AG)**

| Fonte lipidica   | C14:0 | C16:0 | C18:0 | C18:1 | C18:2 | Altri |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Olio di palma*   | 1.00  | 41.21 | 4.34  | 38.45 | 9.28  | 4.82  |
| Saponi di Ca**   | 1.32  | 47.90 | 4.51  | 35.87 | 8.58  | 1.82  |
| TG idrogenati**  | 2.25  | 38.06 | 52.39 | 0.40  | 0.04  | 6.86  |
| AG idrogenati**  | 1.65  | 49.30 | 43.59 | 3.64  | 0.08  | 1.74  |
| AG frazionati*** | 1.50  | 75.00 | 8.00  | 10.00 | 2.00  | 3.50  |

Fonti: \*) Iran, 2009; \*\*) Vandoni et al., 2010; \*\*\*) Voigt et al., 2006.

Lipidi. Perché i grassi by pass. G. Baldi, R. Compiani, C. A. Sgoifo Rossi  
INFORMATORE ZOOTECNICO n.18 / 2013 ([su Elearning](#))

34

### **Contenuto energetico della razione e proteina del latte**

L'uso di razioni ricche di energia disponibile nel rumine è la via principale per aumentare la % di proteina del latte

#### **Come aumentare disponibilità energia?**

- **diminuire % di foraggi** nella razione (aumento concentrati)
- **aumentare NSC** (CHO non strutturali) della razione. Nei bovini da latte:
  - **se NSC < 30%** diminuiscono la fermentazione dei substrati e le sintesi proteiche
  - **optimum = 38-40%** nei bovini da latte
  - **se NSC > 45%** = subacidosi, calo % grasso e produzione latte
- **aumentare degradabilità amidi lenti** (macinazione, fioccatore, etc.)

35

35

### **Il pH del latte**

Il pH del latte a 25°C varia entro un range 6,5-6,7

- Il pH esprime la **qualità microbiologica e le modalità di conservazione nel tempo** (il pH si abbassa a seguito di sviluppo della flora microbica nello stesso latte mal conservato)
- Il pH è influenzato dalla **sanità dell'animale** in quanto valori superiori a 6,8 sono indice di perdita di integrità dell'epitelio secretivo che si verifica in caso di mastiti
- Latte con pH >6.8 presenta problemi di coagulazione
- Con valori di pH >7.0 il latte non coagula

36

36

## Fattori che influenzano il pH del latte

➤ **La qualità microbiologica del latte** e le modalità di conservazione nel tempo (diventa acido se mal conservato)

➤ **Elevato contenuto in cellule somatiche**

➤ **Mastiti**

➤ **Alimentazione** - nei **terreni acidi**, caratterizzati da carenza di calcare attivo oppure la somministrazione di sole granaglie e poche leguminose (ricche di calcio) comporta una carenza di Ca per l'animale per cui si altera nel latte l'equilibrio Ca/P a favore del P determinando un **abbassamento del pH del latte** (il P è un elemento acidogeno). Per ridurre questa deficienza calcica impiegare integratori minerali in blocchi oppure sotto forma di pellets da somministrare in sala di mungitura.

In una corretta alimentazione l'equilibrio Ca/P è fondamentale ma è utile ricordare che un eccesso di Ca impedisce l'assorbimento di altri elementi (es. Zn e Cu).

- Crusca (alimento acidogeno per prevalenza del P rispetto al Ca)
- Cruschello (alimento acidogeno per prevalenza del P rispetto al Ca)
- Granturco (forte squilibrio Ca/P a favore del P)

37

37