

LEZIONI DI
PRINCIPI DI NUTRIZIONE E
ALIMENTAZIONE ANIMALE

PROF. FRANCESCO TOTEDA

A.A 2015-2016

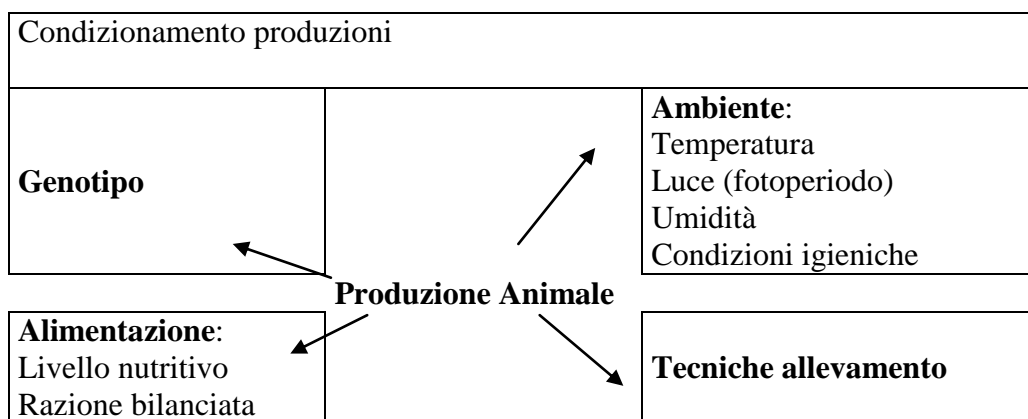
CAP. I. PRINCIPI NUTRITIVI

1.1 Generalità

L'utilizzazione da parte dell'organismo dei principi alimentari, attraverso fenomeni biochimici legati alla sua costituzione fisiologica, costituisce la **nutrizione** quel complesso vale a dire, di processi di scissione (catabolismo) e di sintesi (anabolismo) d'ordine enzimatico e metabolico, a livello cellulare, che rappresentano un attributo essenziale della materia vivente.

Nutrizione	Utilizzo principi nutritivi: - Digestione, - Assorbimento, - Metabolismo (anabolismo, catabolismo)
Alimentazione	Scelta, preparazione, somministrazione alimenti
Fattore Alimentare	Benessere Animale Esaltazione capacità produttive Economia produzioni

L'**alimentazione** invece interessa la scelta, la preparazione, la somministrazione degli alimenti ed anche il loro studio per orientarne appunto la scelta; nonché comprende l'atto della loro assunzione; o quando si tratti di animali in allevamento anche la loro somministrazione: **razionamento**.



Dal punto di vista zootecnico l'alimentazione va vista come:

- fattore di esaltazione delle capacità produttive degli animali;
- fattore economico della produzione animale;
- fattore in grado di assicurare e conservare la pienezza della salute e del benessere degli animali.

Relativamente al **benessere animale**, il Regolamento CE sulla zootecnia biologica resta l'unica normativa che considera rilevante per un intero settore produttivo le regole del benessere animale facendole rientrare fra le condizioni della certificazione di qualità. Il fatto è, però, che il Regolamento contiene, su questo argomento, solo indicazioni vaghe e di carattere molto generale. D'altra parte, forse, non poteva essere che così, visto che per sua natura la questione del benessere animale non può che essere affrontato

indagando le condizioni in cui vive ciascuna specie e trovando per ciascuna i cambiamenti da introdurre per migliorarle.

La prima delle normative europee che, seppure senza menzionarlo, affronta il tema del benessere animale è stata la Convenzione europea sulla protezione degli animali da allevamento adottata a Strasburgo il 10 marzo 1976 e ratificata dall'Italia il 14 ottobre 1985 con la legge n. 629. Vi si legge tra l'altro che "Ogni animale deve beneficiare di un ricovero, di un' alimentazione e di cure che - tenuto conto della specie, del suo grado di sviluppo, d'adattamento e di addomesticamento - siano appropriate ai suoi bisogni fisiologici ed etologici conformemente all'esperienza acquisita ed alle conoscenze scientifiche" .

Qualche anno più tardi si cominciò invece a parlare delle "cinque libertà" che devono essere garantite a tutti gli animali allevati. Nella loro più recente formulazione, del Farm Animal Welfare Council britannico (1992), suonano così:

- 1) libertà dalla fame e dalla sete - con un facile accesso all'acqua e una dieta che mantenga piena salute e vigore;
- 2) libertà dal disagio - con un ambiente appropriato che includa un riparo e una confortevole area di riposo;
- 3) libertà dal dolore, dalle ferite e dalle malattie - attraverso la prevenzione e rapide diagnosi e trattamenti;
- 4) libertà di esprimere un comportamento normale - mettendo a disposizione spazio sufficiente, attrezzature appropriate e la compagnia di animali della stessa specie;
- 5) libertà dalla paura e dall'angoscia - assicurando condizioni e trattamenti che evitino la sofferenza mentale.

Nel corso dell'evoluzione gli animali si sono dotati di metodi fisiologici e comportamentali per affrontare le varie difficoltà che incontrano nel corso della loro vita. Poiché tutti gli animali si sono evoluti in questo modo e ogni specie è adatta in un modo particolare a un particolare ambiente, ogni definizione del benessere deve tener conto dell'ambiente, della fisiologia e del comportamento specifico dell'animale preso in considerazione. Il benessere di un animale è una condizione intrinseca all'animale stesso; non è un insieme di valori assegnati all'animale dagli umani. Nel corso della loro vita, gli animali possono incontrare difficoltà che vanno dall'insignificante al rischio della vita. I singoli animali affrontano queste difficoltà con successo variabile, a seconda delle condizioni ambientali, fisiologiche e comportamentali in cui si trovano ad agire. Il risultato può andare dal migliore, che non ha alcun effetto avverso, al peggiore, che è la morte. Fra questi due estremi, il benessere animale può variare da molto buono a molto cattivo.

Da queste considerazioni deriva la seguente definizione di benessere: il benessere è la condizione di un individuo in conseguenza dei suoi tentativi di affrontare i problemi posti dal suo ambiente.

Gli animali da allevamento hanno un insieme di bisogni simili a quelli dei loro antenati selvatici, sebbene alcuni bisogni siano stati modificati nel corso della domesticazione. È ovvio che esigenze fondamentali, come quelle di cibo, acqua e ricovero, non sono cambiate nel passaggio dall'animale selvatico a quello domestico. Ma può essere meno ovvio che la spinta con cui gli animali selvatici si esprimono nei comportamenti associati alla riproduzione, alla ricerca del cibo, dell' acqua e del riparo sia ancora presente negli animali domestici.

Come il benessere, anche il bisogno è una caratteristica intrinseca dell'individuo. È definito così: un bisogno è un'esigenza, che deriva dalla biologia dell'animale, di ottenere una risorsa particolare o di rispondere a un particolare stimolo ambientale o organico.

Misurazione del benessere - La conoscenza dei punti critici dell' allevamento per il benessere degli animali allevati è una necessità per gli operatori, per una corretta applicazione della legislazione (ad esempio per i suini la Direttiva 91/630 CEE recepita con D. Lgs. 30 dicembre 1992 n. 534, e sue modifiche - Direttiva 2001/88/CE -) e per fornire al consumatore un'immagine dell'allevamento e del prodotto che sia di livello adeguato alla richiesta di alimenti non solo sicuri e tracciabili (caratteristiche che devono ormai ritenersi un prerequisito), ma derivanti da processi produttivi di sempre più alto livello qualitativo.

Il benessere può essere valutato attraverso misurazioni del comportamento, della fisiologia, della salute e della produzione. Sebbene, in alcuni casi una singola misurazione possa dare un'indicazione dello stato di un animale, di solito è necessario valutare diversi indicatori per ottenere una valutazione chiara.

Comportamento: i test di preferenza consistono nel mettere un animale di fronte a delle scelte, per esempio fra differenti cibi o sistemi di stabulazione. La forza di una preferenza determina se può essere vista come un bisogno; ciò può essere valutato registrando l'entità dei comportamenti anormali e degli *stress* fisiologici che si determinano quando la preferenza espressa viene negata, e misurando le energie che l'animale è disposto a spendere per ottenerla.

I test di avversione misurano la forza dell'avversione di un animale a un dato stimolo. Sono di qualche utilità nel misurare gli effetti dei sistemi di stabulazione sugli animali, ma i loro risultati possono essere confusi dagli effetti dell'apprendimento.

Deprivazione e motivazione. Gli animali permangono motivati nell'espletare certi comportamenti anche se ciò viene loro impedito dall'ambiente fisico in cui si trovano. Ciò si traduce in modelli di comportamento anormali in cui l'animale espleta i comportamenti motivati in una forma o in un contesto inusuali. La forza della motivazione può essere valutata misurando quanto l'animale è disposto a "pagare", in energia o tempo, per espletare quel comportamento.

Le stereotipie sono sequenze di movimenti ripetuti e relativamente invariati che non hanno alcuno scopo evidente. Si sviluppano quando l'animale è frustrato in modo acuto o cronico, e indicano che è in difficoltà nell'affrontare i problemi posti dal suo ambiente e che il suo benessere è povero.

Fisiologia: la produzione di cortisolo/corticosterone avviene in diverse situazioni di difficoltà ed è utile nella valutazione del benessere. Poiché questi ormoni vengono prodotti anche in situazioni come il corteggiamento o l'accoppiamento, che non sono dannose per l'animale, sono essenziali per ottenere altre informazioni riguardo lo stato dell'animale quando vengono usati per valutare il benessere dell'animale.

Frequenza cardiaca: può essere usata per valutare l'effetto di problemi a breve termine, congiuntamente con altre misurazioni del comportamento.

Risposte immunitarie: diverse misure dell'attività del sistema immunitario possono essere usate per misurare lo stress.

Salute: il tasso di mortalità è un indicatore grossolano ma inequivocabile di benessere povero. I tassi di morbilità sono anche loro degli indicatori dello stato di benessere del branco, ma sono meno precisi dei tassi di mortalità.

Performance: bisogna fare attenzione nell'usare le performance come un indicatore di benessere. Una sostanziale riduzione nel tasso di crescita di un vitello, per esempio, è un indice di benessere povero, ma un buon tasso di crescita non è necessariamente un indice di benessere buono. I giovani mammiferi, infatti, possono continuare a crescere rapidamente quando il loro benessere è povero.

1.2 PRINCIPI NUTRITIVI

Gli alimenti sono quelle sostanze che ingerite dall'animale possono essere digerite, assorbite ed utilizzate (principi nutritivi). Gli alimenti utilizzati per gli animali di interesse zootecnico sono costituiti per la maggior parte da vegetali (piante e prodotti di piante) e in modesta quantità sono rappresentati da prodotti di origine animale (latte, farina di pesce). Piante ed animali contengono analoghi tipi di sostanze chimiche che possono essere così raggruppate:

Alimento	Acqua		Carboidrati o Glicidi
	Sostanza secca (S.S.)	Organica	Lipidi Protidi Acidi nucleici Acidi organici Vitamine
		Inorganica	Minerali

Il contenuto in **acqua** nel corpo animale varia con l'età: l'animale giovane ne contiene fino al 75-80%, quello adulto intorno al 50%.

La **sostanza secca** (SS) degli alimenti, generalmente, è distinta in organica e inorganica ma va considerato che negli organismi viventi la distinzione non è netta; infatti, molte sostanze organiche contengono elementi minerali (le proteine contengono zolfo, alcuni glicidi e lipidi contengono fosforo). La maggior parte della sostanza secca dei foraggi è costituita da carboidrati mentre alcuni semi (arachidi) hanno un elevato contenuto in protidi e lipidi. La parete della cellula vegetale è di natura glucidica (soprattutto celluloso) mentre, le pareti delle cellule animali sono, soprattutto, di natura proteica inoltre, mentre la maggiore riserva energetica delle piante è rappresentata da carboidrati (amido, fruttosani) negli animali è data da grasso il quale è, invece, relativamente basso nelle erbe (40-50 g/Kg S.S.). Le proteine sono la maggiore componente azotata sia nelle piante sia negli animali: nelle piante, le proteine si trovano soprattutto sotto forma di enzimi e sono maggiori nelle piante giovani rispetto a quelle in via di maturazione, negli animali le proteine sono presenti nei muscoli, pelle, peli, piume, lana e unghie.

Gli acidi nucleici sono sostanze che contengono azoto e svolgono un compito fondamentale nella biosintesi proteica in tutti gli organismi viventi, oltre che essere portatori delle informazioni genetiche alle cellule viventi.

Gli acidi organici maggiormente presenti nelle piante e negli animali sono l'acido citrico, fumarico, succinico e piruvico i quali rivestono un ruolo fondamentale nel metabolismo intermedio. Altri acidi organici quali l'acetico, il propionico, il butirrico, e il lattico sono prodotti nei processi di fermentazione ruminale e degli insilati.

Per quanto riguarda le vitamine va detto che i vegetali sono in grado di sintetizzare tutte le vitamine necessarie per i processi metabolici mentre, gli animali hanno poteri di sintesi più limitati e, quindi, è necessario che le assumono con l'alimento.

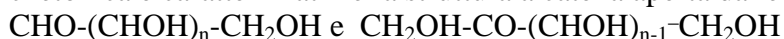
La sostanza inorganica comprende oltre a carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto altri elementi inorganici che secondo il loro contenuto vanno sotto il nome di macroelementi e microelementi.

I macroelementi maggiormente presenti negli animali sono calcio e fosforo mentre nei vegetali troviamo soprattutto potassio e silicio.

1.2.1 Idrati di carbonio o glucidi - In media costituiscono i tre quarti della S.S. dei vegetali. Derivano dalla fotosintesi clorofilliana e sono utilizzati dagli animali per scopi energetici. Essi si possono definire sostanze poliossidrilate di natura aldeica, chetonica, alcolica o acida, loro semplici derivati e alcuni prodotti della loro idrolisi.

La composizione dei glucidi è rappresentata dalla formula bruta $C_nH_{2n}O_n$ dove idrogeno e ossigeno si trovano nel rapporto stechiometrico dell'acqua. Essi si distinguono in carboidrati propriamente detti o olosidi quando i prodotti della idrolisi sono soltanto zuccheri; mentre se accanto agli zuccheri sono liberate altre sostanze organiche (autocianidi, terpeni, fenili, steroidi, solfocianati, ac. cianidrico) si hanno gli eterosidi o glucosidi. I composti glucidici importanti per la nutrizione sono gli zuccheri e soprattutto alcuni olosidi di alta complessità, come l'amido e il celluloso.

Monosi - I monosaccaridi hanno formula $C_nH_{2n}O_n$ a funzione polialcolica e aldeica o chetonica e caratterizzati nella struttura a catena aperta dalle formule generali:



che corrispondono rispettivamente agli zuccheri denominati aldosi e chetosi. Si ripartiscono a secondo del numero di atomi di carbonio in triosi, tetrosi, pentosi ed esosi. Fra i triosi troviamo due composti importanti, l'aldeide glicerica $CH_2OH-CHOH-CHO$ e il diossiacetone $CH_2OH-CO-CH_2OH$, i quali non sono presenti negli alimenti, ma si formano durante il metabolismo. Molto diffusi sotto forma di olosidi polimeri, sono i pentosi, zuccheri a 5 atomi di carbonio fra i quali si ricordano:

- lo xilosio che si ottiene per idrolisi prolungata a caldo dal legno, dalla paglia e dai foraggi grossolani;
- l'arabinosio, che si ottiene dall'idrolisi di varie gomme;
- il ribosio, zucchero che entra nelle molecole di ADN e ARN; esso non si trova negli alimenti, ma è sintetizzato dall'organismo nel corso del metabolismo glucidico.

Gli zuccheri più importanti per la chimica della nutrizione sono gli esosi, a 6 atomi di carbonio. Essi possono trovarsi in due diverse forme stereoisomere, a ciclo pentagonale (furanici) od esagonale (piranico). Il glucosio è il membro più importante del gruppo. Si trova in tutti i tessuti animali e vegetali verdi, nella frutta e nel sangue. Ruota a destra di $52,5^\circ$ il piano della luce polarizzata e quindi è detto destrosio.

Il fruttosio, invece, è un chetoso che presenta una forma β -piranosica stabile ed una β -furanosica particolarmente reattiva. Ruota la luce polarizzata di 92° a sinistra e quindi è detto levulosio. Si trova nella frutta e nel miele.

Il galattosio non si trova allo stato libero ma come elemento della molecola del lattosio e di alcuni polisaccaridi complessi. Nell'organismo animale entra, in combinazione con una base azotata e con acidi grassi, nella costituzione dei cerebrosidi del tessuto nervoso.

Biosi. I biosi o disaccaridi sono zuccheri generalmente dotati di proprietà riducenti, che derivano dalla combinazione glucosidica di due molecole di zuccheri e l'eliminazione di una di acqua. Quando il legame si stabilisce fra il C_1 di una molecola e il C_4 di una seconda molecola il disaccaride conserva le proprietà riducenti perché vi è ancora un ossidrile glucosidico libero, mentre quando il legame interessa i due ossidrili glucosidici, come nel saccarosio, lo zucchero non è più riduttore. I composti che hanno interesse per l'alimentazione sono i seguenti:

Saccarosio: è lo zucchero della canna e della barbabietola da zucchero e si trova anche nelle carote, mais, carrube, sorgo. La sua molecola è costituita da glucosio e fruttosio legati fra loro mediante i gruppi glucosidici. Esso è scisso per idrolisi acida o dall'azione dell'enzima invertasi o sucraasi che si trova nel succo enterico.

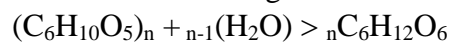
Maltosio - è uno zucchero riduttore di scarso potere dolcificante. Si ottiene dall'amido per azione idrolitica di un enzima (diastasi), è contenuto nel malto di orzo o nei semi in germinazione. Mediante idrolisi acida o enzimatica (maltasi del succo intestinale o del lievito di birra) si scinde in due molecole di glucosio (glucopiranosio) dei due isomeri α e β .

Lattosio - è lo zucchero del latte ed ha proprietà riducenti. E' composto da una molecola di α -glucosio e da una di β -galattosio, che si liberano mediante idrolisi acida od enzimatica. Per fermentazione batterica da origine ad acido lattico. Nell'intestino promuove lo sviluppo di una flora acidofila che si oppone ai fenomeni putrefattivi, ed inoltre favorisce l'assorbimento del calcio e del fosforo.

Cellobiosio - E' il disaccaride che si libera nel corso della fermentazione batterica della cellulosa. E' riducente e consta di due molecole di glucosio.

Poliosi o polisaccaridi. In questo gruppo troviamo le sostanze di più larga diffusione nel regno vegetale. I pentosani sono polisaccaridi che per idrolisi con acidi diluiti producono pentosi (soprattutto xilosio), trattati con HCl concentrato a caldo danno furfurolo. Si trovano soprattutto nei fieni e nelle paglie, costituiscono fino al 20% degli idrati di carbonio di questi alimenti. I polisaccaridi più diffusi nei foraggi e nei semi sono, però, gli esosani, cioè polimeri di esosi, principalmente fruttosio e glucosio, che si liberano mediante idrolisi acida o enzimatica (digestione). I principali sono:

Amido - E' il più importante carboidrato alimentare e costituisce la sostanza nutritiva di riserva più diffusa delle piante. Si accumula soprattutto nei semi (700 g/Kg), nei tuberi e nelle radici (300 g/Kg). Sottoposto ad idrolisi graduale, l'amido dà origine prima a sostanze ad alto peso molecolare che formano soluzioni colloidali, le destrine poi a maltosio ed infine a glucosio secondo lo schema:



amido

α glucosio

L'amido è formato da una mescolatura di due polisaccaridi aventi proprietà e natura chimica diverse:

- 1) l'amilosio, solubile in acqua fredda, idrolizzabile rapidamente in maltosio, che si colora con lo iodio in azzurro cupo e forma la parte centrale dei granuli;
- 2) l'amilopectina, si scioglie solo in acqua calda.
- 3) inulina, è il polisaccaride di riserva della famiglia delle composite, e si estrae specialmente dai tuberi di dalia, di topinambur o dai carciofi.
- 4) glicogeno, è il polisaccaride dei tessuti animali.

1.2.2 Protidi

Le proteine o protidi sono sostanze quaternarie contenenti C (51-55%), O (21,5-23,5%), H (6,5-7,3%), N (15,5-18%) e piccole quantità di S (0,1-2,5%) e/o P 0-1,5%), ma in alcune possono essere contenute tracce di Fe, Cu e Zn. Esse sono i costituenti essenziali del protoplasma e del nucleo di tutte le cellule, rappresentando in volume la metà del corpo (umano) e in peso in media il 16%. Oltre alla funzione plastica esplicano quella catalitica (enzimi), regolando le reazioni chimiche che si svolgono nella cellula. Dal punto di vista nutrizionale concorrono in maggior misura, rispetto agli altri elementi nutritivi, a plasmare l'organismo e a fornire il materiale per le produzioni (latte, uova, lana, ecc.) e sono quelle che hanno il maggiore valore venale e quindi il loro contenuto quantitativo definisce spesso il prezzo degli alimenti. Le proteine alimentari adempiono dunque alle seguenti funzioni:

- formazione della sostanza vivente ed accrescimento dell'organismo;

- riparazione dell'usura dei tessuti e degli organi;
- sintesi delle proteine contenute nei secreti (latte) e in altre produzioni (uova, lana), delle proteine del plasma, degli enzimi e dei vari ormoni;
- formazione di glucosio e glicogeno, dal quale l'organismo può ricavare l'energia necessaria ai vari processi fisiologici, al lavoro muscolare, o può trasformare in grasso di deposito;

- ossidazione dei chetoacidi o di altre sostanze originatesi durante il metabolismo, con produzione di energia. Quindi, gli animali hanno bisogno, attraverso l'alimentazione, di una quantità almeno minima di proteine (minimo proteico assoluto) al fine di ristabilire il bilancio energetico alterato a seguito del consumo che i tessuti subiscono durante le attività vitali. Mediante idrolisi chimica od enzimatica delle proteine si liberano sostanze colloidali ad alto peso molecolare (peptoni e polipeptidi) da cui successivamente si ricavano miscele di composti cristalloidi, solubili e dotati di attività ottica; questi sono gli aminoacidi ormai noti come i costituenti chimici delle molecole proteiche. Gli aminoacidi conosciuti sono numerosi ma frequentemente se ne riscontrano solo 23 negli idrolisati delle proteine degli alimenti. Le complesse molecole proteiche presenti nei tessuti e nei liquidi circolanti, nei vegetali ed animali, sono tutte formate da un numero molto elevato di uno o differenti aminoacidi e quindi i circa 20 aminoacidi esistenti in natura combinandosi tra loro possono dare origine ad un numero elevatissimo di proteine, ognuna con caratteristiche proprie. Gli aminoacidi sono caratterizzati dall'aver un gruppo basico azotato generalmente un aminogruppo (-NH₂), ed un gruppo carbossilico acido (-COOH). La maggior parte degli aminoacidi che si trova nelle proteine naturali è di tipo α, ha cioè l'aminogruppo legato all'atomo di carbonio adiacente al gruppo carbossilico. Fa eccezione la prolina che ha un iminogruppo (NH), invece di un gruppo amminico

Essi si ottengono dall'idrolisi delle proteine, sia per via enzimatica sia con acidi o alcali. I vegetali sintetizzano i protidi da composti chimici inorganici, gli animali, invece li devono ricevere preformati con l'alimentazione. Dei 23 aminoacidi che possono costituire le più diverse proteine circa 13 (aminoacidi non essenziali o biosintetizzabili) possono essere sintetizzati dall'organismo animale, partendo anche da substrati non proteici, gli altri 10-12 (essenziali o abiosintetici) devono essere loro somministrati in quanto non sintetizzabili. Ciò è valido soprattutto per i monogastrici, in quanto i poligastrici ed il cavallo attraverso la flora microbica dell'apparato digerente, sono in grado di sintetizzare anche questi ultimi 10-12. L'essenzialità degli aminoacidi non riguarda tutte le specie, condizioni alimentari e produttive del soggetto, né le diverse età dello stesso. Secondo ROSE sono:

- aminoacidi essenziali: arginina, lisina, istidina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, treonina, metionina, triptofano e tirosina;
- aminoacidi non essenziali: acido aspartico, acido glutammico, acido idrossiglutammico, glicina, alanina, norleucina, serina, cistina, cisteina, prolina, idrossiprolina e diodotirosina.

Mentre, MAZZA da un punto di vista organistico li classifica in :

- aminoacidi atti al mantenimento: glicina, alanina, leucina, subordinatamente acido aspartico e acido glutammico;
- aminoacidi atti all'accrescimento: arginina, lisina, metionina, cistina;
- aminoacidi atti alla differenziazione: fenilalanina, tirosina, triptofano, e subordinatamente istidina e prolina.

Le proteine si dividono in:

- semplici (oloproteine) le quali se sottoposte ad idrolisi danno solo aminoacidi; fra esse ricordiamo le protamine che si trovano nello sperma dei pesci, gli istoni presenti negli

eritrociti degli uccelli, le prolamine diffuse nei semi dei cereali, le gluteine presenti nel glutine del frumento, le albumine diffuse nel latte, nel siero, nell'uovo, nei vegetali, le globuline presenti nel plasma sanguigno;

- coniugate o complesse (eteroproteine): oltre agli aminoacidi contengono altre sostanze chimiche denominate gruppi prostetici delle proteine stesse. Le proteine coniugate più importanti sono: fosfoprotidi presenti nella caseina del latte e nel rosso d'uovo (ovovitellina), cromoprotidi presente nell'emoglobina del sangue, glicoprotidi che si trovano nel tessuto connettivo e cartilagineo, nucleoprotidi presenti negli acidi nucleinici.

In funzione della loro struttura le proteine sono distinte in:

- fibrose formate da catene polipeptidiche disposte parallelamente a formare lunghe fibre; sono insolubili e formano gli elementi strutturali di base del tessuto connettivo degli animali superiori; alcuni esempi sono dati da: collagene dei tendini e del tessuto osseo, l' α -cheratina dei capelli, delle corna, della pelle e delle penne e l'elastina del tessuto connettivo elastico;

- globulari: costituite da più catene polipeptidiche avvolte a formare strutture sferiche solubili in acqua; generalmente svolgono ruoli dinamici negli enzimi, negli anticorpi, in alcuni ormoni e in molte proteine con funzione di trasporto quali l'albumina serica e l'emoglobina.

1.2.3. Disponibilità di aminoacidi

La maggior parte delle materie prime ricche in proteine, prima del loro impiego, sono sottoposte a trattamenti quali quelli termici che hanno una certa azione sulle proteine. Le farine proteiche di origine animale, come quelle di pesce o di carne, sono sottoposte ad elevate temperature per inattivare i microrganismi e separare una certa quota di grasso. Nella farina di soia, all'estrazione di olio segue la tostatura per inattivare la maggior parte dei fattori antinutrizionali presenti. Questi processi determinano, secondo la loro durata e la temperatura utilizzata, una riduzione della digeribilità delle proteine. I gruppi amminici della lisina interagiscono con formazione di legami incrociati i quali ostacolano l'accesso degli enzimi digestivi all'interno della molecola proteica. La formazione di legame fra lisina ed alcuni carboidrati porta alla sintesi di composti resistenti all'attacco enzimatico (reazione di Maillard). Anche gli aminoacidi solforati (metionina, cistina) possono essere alterati dal calore. In presenza di agenti ossidanti (perossidi dai grassi) si può avere la sintesi di composti poco utilizzabili. Quindi, gli aminoacidi presenti in un dato alimento possono andare incontro ad una riduzione della loro disponibilità che dipende dalla natura della proteina e dal tipo di trattamento. Mentre un latte scremato disidratato con cura e di ottima qualità presenta una disponibilità della lisina di circa il 100%, il corrispondente valore nella farina di carne ed ossa, nella farina di piume o nel mais sottoposti a brusca disidratazione può scendere al 60-70%. Invece, gli aminoacidi di produzione industriale sono sempre disponibili totalmente. Da anni si è alla ricerca di un metodo pratico in grado di misurare la quota disponibile degli aminoacidi, in primo luogo della lisina ma, ancora oggi, non è ancora disponibile un metodo rapido per la determinazione della qualità delle proteine.

A causa della variabilità nella disponibilità degli aminoacidi nei singoli alimenti non è ancora stato stabilito se nella formulazione dei mangimi, i calcoli debbano essere riferiti al contenuto totale dei singoli aminoacidi o alla loro quota disponibile. In ogni caso, alcune tavole riportano la quota disponibile ma, considerando che l'esatta valutazione della disponibilità presenta delle difficoltà e che vi sono delle differenze anche

nell'ambito della stessa materia prima in funzione della sua origine, nella formulazione si prende ancora in considerazione il contenuto totale in aminoacidi. Una stima della disponibilità degli aminoacidi può essere utile per interpretare i risultati produttivi in sede di allevamento. Considerando che gli aminoacidi sintetici sono completamente disponibili, essi possono essere sempre considerati nella loro totalità.

1.2.4 Valore biologico delle proteine

Rappresenta il rendimento di utilizzazione di una proteina: si ottiene dal rapporto fra azoto trattenuto dall'organismo animale e quello effettivamente assorbito ed è espresso in percentuale.

Ogni proteina è in grado di fornire, all'organismo dell'animale che la assume, un differente complesso di aminoacidi che sono propri della costituzione della proteina stessa. Dalla quantità e qualità di questi aminoacidi e dalla presenza o meno di alcuni di essi, considerati essenziali, dipende il valore della proteina e la sua, più o meno consistente, partecipazione al metabolismo animale e ai processi di sintesi e di accrescimento, od energetici dell'organismo e quindi il suo rendimento. Affermando che il valore biologico della proteina del latte di vacca è di 90, nei riguardi dell'accrescimento dei ratti, significa che il 90% dell'azoto contenuto nelle proteine digeribili di questo alimento viene impiegato dall'organismo per la sintesi delle sue proteine cellulari e il conseguente accrescimento. In generale, il valore biologico delle proteine animali è superiore a quello delle proteine vegetali e ciò perché sono più simili a quelle che costituiscono l'organismo animale. Praticamente, la stima del valore biologico delle proteine si basa: a) sul controllo degli incrementi del peso vivo di animali da laboratorio cui sono somministrate determinate quantità di proteina da valutare o b) sostituendo una proteina di cui si conosce il valore biologico con una da valutare e, infine, c) ponendo a confronto gruppi di animali con dieta apoproteica con altri ai quali sono somministrati precisi quantitativi di proteina da valutare.

1.2.5. Azoto non proteico e proteine sintetiche

Tra le sostanze contenute dagli alimenti o aggiunte agli stessi sono comprese quelle che contengono azoto ma che si differenziano dalle proteine e quindi sono dette sostanze azotate non proteiche, comunemente, indicate con la sigla NPN (Non Protein Nitrogen). Tra esse ricordiamo, soprattutto, l'urea o carbammide - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ -, sali di ammonio, biureto. L'urea viene impiegata nell'alimentazione dei ruminanti in parziale sostituzione delle proteine. I microrganismi del rumine mediante l'ureasi la trasformano in CO_2 e ammoniaca; quest'ultima, nel metabolismo batterico viene trasferita nei chetoacidi che vengono impiegati nelle sintesi proteiche cellulari dei batteri del rumine. Le sostanze azotate non proteiche sono usate per ridurre i costi di alimentazione senza sacrificare l'apporto proteico.

In questi ultimi anni si stanno sperimentando tecniche per la produzione sintetica di proteine unicellulari partendo da idrocarburi paraffinici per la preparazione di biomasse di natura fermentativa in cui i lieviti del genere *Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula* sono in grado di dare concentrati ricchi di aminoacidi (bioproteine). Analoghi risultati sono stati ottenuti con l'utilizzo di particolari lieviti (*Torula*) su substrati provenienti da residui solfitici della lavorazione della cellulosa.

Vanno aggiunti i solubili secchi di distilleria, residuati dalla distillazione dell'alcol ottenuto mediante saccharificazione dell'amido dei vari cereali e successiva

fermentazione dei mosti. Sono ricchi di enzimi, vitamina B, e "fattori sconosciuti di crescita" e contengono il 28-30% di proteina grezza. Dal melasso, dopo la lavorazione per l'estrazione dell'acido glutammico si ricava un "concentrato proteico di bietola", con sapore acidulo-salino e un contenuto in proteine del 30%.

Recentemente sono entrati in uso i proteolisi, in altre parole miscele di aminoacidi atti a bilanciare la dieta alimentare in aminoacidi puri, apportando quelli necessari per realizzare il rapporto ottimale per la maggiore utilizzazione dell'azoto alimentare. Tenuto conto della scarsità delle proteine convenzionali e del loro costo elevato è opportuno per quanto sia possibile sostituirle con quelle convenzionali. L'Aghina suggerisce di distinguere gli alimenti azotati in due categorie:

- proteine plus (PP): comprendono quelle convenzionali quali la soia per i volatili e i suini; la colza, il girasole e il lino per i ruminanti svezzati; il latte in polvere per l'avviamento dei mammiferi; il pesce e la carne per quello delle specie avicole, carnivore ed ittiche. Le proteine PP sono difficilmente sostituibili nelle formule per mangimi destinati ai monogastrici, ma non altrettanto per i poligastrici.

- proteine risparmio (PR): sono rappresentate dalle proteine unicellulari per i monogastrici e dall'azoto non proteico per i ruminanti dopo lo svezzamento e dagli aminoacidi di sintesi per tutte le specie e per tutte le categorie di animali.

1.2.6 Proteine by-pass

Le fermentazioni ruminali, fondamentali nell'economia alimentare dei poligastrici, sono fonte di notevoli complicazioni per l'utilizzazione delle proteine soprattutto per gli animali ad elevate produzioni di latte e particolarmente all'inizio della lattazione. La fisiologia digestiva dei poligastrici fa sì che il rendimento alimentare delle proteine sia notevolmente più basso di quello ottenibile con la digestione diretta (intestinale) dei monogastrici. Il fabbisogno proteico è soddisfatto nei ruminanti, in ragione del 30% dagli apporti alimentari, mentre la restante parte è fornita dalle proteine citoplasmatiche sintetizzate dalla micropopolazione ruminale. Tali microrganismi elaborano proprie proteine utilizzando prevalentemente, attraverso reazioni di deaminazione, l'azoto contenuto negli aminoacidi di origine alimentare, in presenza di adeguate quantità di energia; generalmente si ottengono 22 g di proteine microbiche per ogni 100 g di sostanza organica fermentescibile. La quantità totale di proteine disponibili per l'organismo animale risulta tuttavia insufficiente per produzioni di latte superiori a 25 litri/giorno. Premesso che, tutte le proteine alimentari subiscono processi fermentativi ruminali, il grado di fermentescibilità varia in funzione di numerosi fattori quali il tempo di permanenza degli alimenti nel rumine, la presenza di sufficienti quantità di energia nella dieta, lo stato fisico dell'alimento. Anche razioni ad elevato contenuto energetico, 0,9 U.F./kg di sostanza secca con tasso proteico del 13% di proteina grezza su S.S., che, peraltro, rappresenta il livello proteico ottimale di utilizzazione, non riescono a coprire integralmente il fabbisogno di composti azotati in bovine con forti produzioni. D'altra parte, l'innalzamento del contenuto proteico della razione può determinare, se non è accompagnato da un aumento proporzionale di energia indispensabile per la sintesi microbica, un incremento del livello ruminale di ammoniaca, con possibile pericolo di alcalosi ruminale.

Da qui l'esigenza di utilizzare sostanze proteiche, le cosiddette proteine by-pass, che passando indenni attraverso il rumine, si rendono completamente disponibili per l'organismo attraverso la digestione a livello di intestino tenue. In questo modo si soddisfano le necessità proteiche dell'animale senza, peraltro, dover aumentare il contenuto energetico della razione. Per oltrepassare il rumine senza subire fermentazioni, le proteine by-pass possono essere sottoposte a particolari trattamenti, tra

cui i più diffusi si basano sull'impiego del calore, uso di tannini, sostanze chimiche particolari. Inoltre, bisogna ricordare che in alcuni alimenti (glutine di mais, medica disidratata, farina di sangue, farina di carne) sono presenti buone percentuali di proteine che naturalmente sono dotate di questa proprietà; mentre, le proteine della farina di soia, del melasso, della farina di arachide e di girasole sono tra quelle che subiscono la maggiore degradabilità (100-70%). Il trattamento termico riduce la solubilità delle proteine nel rumine, un eccesso di calore può però diminuire la digeribilità intestinale delle proteine o denaturare alcuni aminoacidi (lisina, cistina). I tannini sono sostanze che si aggregano con le proteine limitandone la solubilità ruminale; non è, comunque, ancora chiaro se compromettono l'utilizzazione proteica anche a livello intestinale. L'uso di sostanze chimiche, soprattutto formaldeide (1-2 g/100 g proteina digeribile presente nell'alimento) si basa sul principio che la reazione tra formaldeide e proteina diventa reversibile in ambiente fortemente acido, perciò, a livello gastrico le proteine vengono liberate e si rendono disponibili per la digestione. Il concetto di proteggere le strutture proteiche dalle fermentazioni ruminali si è recentemente esteso anche ai singoli aminoacidi, come la metionina, poco presente nelle proteine sintetizzate dai microrganismi, la cui carenza costituisce sicuramente un fattore limitante nella produzione del latte nelle grandi lattifere. L'uso di proteine e di aminoacidi by-pass rimane a tutt'oggi conveniente per l'integrazione alimentare di razioni già complete dal punto di vista energetico destinate a bovine ad elevata produzione.

1.2.7 Lipidi

I lipidi costituiscono un grosso ed eterogeneo gruppo di sostanze organiche che, composte da C, H e O, possiedono la comune caratteristica di essere solubili nei solventi organici apolari come il cloroformio, l'acetone, gli eteri, alcuni alcol ed il benzene. Oltre ad essere alimenti energetici per eccellenza (1 g fornisce 9,3 Kcal rispetto a 4,1 Kcal dei glucidi e delle proteine), svolgono diverse funzioni fisiologiche: entrano a far parte della membrana citoplasmatica dove partecipano al riconoscimento selettivo delle sostanze da filtrare, alcuni di essi esercitano particolari attività biologiche sotto forma di vitamine ed ormoni. Essi vengono distinti in semplici e complessi.

- Lipidi complessi (grassi, oli, fosfolipidi, glicolipidi e le cere): contengono acidi grassi; sono saponificabili in quanto formano per idrolisi alcalina, sali di acidi grassi; si differenziano per la struttura della molecola a cui si legano gli acidi grassi. Chimicamente, i grassi e gli oli sono molto simili, infatti vengono, comunemente, entrambi chiamati grassi o gliceridi; si differenziano però per lo stato fisico a temperatura ambiente che è solido per i primi e liquido per i secondi. I grassi sono costituiti da acidi grassi a lunga catena, il cui unico gruppo carbossilico è esterificato da un gruppo ossidrile del glicerolo, un alcol trivalente: i composti che si ottengono vengono detti trigliceridi. Gli acidi grassi differiscono fra loro principalmente per la lunghezza della catena e per numero e posizione dei legami insaturi.

Si riportano di seguito alcuni acidi grassi naturali:

- acidi grassi saturi:	Punto fusione	
C_3H_7COOH	Butirrico	- 7,9
$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	Laurico	43,9
$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	Miristico	54,1
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	Palmitico	62,7
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	Stearico	69,6
$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	Arachico	76,3
- acidi grassi insaturi:		
$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$	Palmitoleico	0
$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	Oleico	13
$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	Linoleico	-5
$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	Linolenico	- 14,5
$CH_3(CH_2)_4CH=CH(CH_2)_3CH=CH(CH_2)_3COOH$	Arachidonico	- 49,5

Gli acidi grassi linoleico e linolenico sono definiti essenziali in quanto, non potendo essere sintetizzati dall'organismo animale, devono essere somministrati con gli alimenti; l'acido linoleico costituisce il precursore dell'acido arachidonico, assente nei tessuti vegetali. Gli acidi grassi essenziali sono i precursori di un gruppo di sostanze ormonosimili, le prostaglandine, le quali vengono sintetizzate nelle cellule bersaglio degli ormoni e servono a modulare le risposte metaboliche di queste cellule agli ormoni stessi. I grassi costituiti da acidi grassi insaturi possono subire l'ossidazione dei legami etilenici che determinano un aumento della viscosità del liquido. Se il processo di ossidazione è prolungato si formano i perossidi e derivati chetonici e, quindi, l'irrancidimento dei grassi con alterazione delle proprietà organolettiche e nutrizionali. Il fenomeno può essere evitato aggiungendo ai grassi sostanze antiossidanti (fenoli, polifenoli, tocoferoli). I fosfolipidi costituiscono i componenti fondamentali delle membrane cellulari; in essi uno dei gruppi ossidrili del glicerolo è esterificato dall'acido fosforico, mentre negli altri due da acidi grassi; si differenziano per il tipo di acidi grassi e per le caratteristiche del componente legato al fosfato. Ai fosfolipidi

appartengono: le lecitine presenti nel tuorlo d'uovo, nel fegato, nel tessuto nervoso, nella soia, e le cefaline presenti nel tessuto nervoso.

I glicolipidi contengono, oltre a due acidi grassi, anche uno zucchero; costituiscono circa l'80% della frazione lipidica dei cloroplasti delle piante superiori, sono inoltre diffusi nel cervello, nel fegato, nei reni.

- Lipidi semplici: non contengono acidi grassi e di conseguenza non sono saponificabili; sono presenti nelle cellule in quantità minima, ma comprendono molte sostanze ad elevata attività biologica come alcune vitamine ed ormoni. Appartengono a questo gruppo i terpeni e gli steroidi.

I terpeni sono costituiti da multipli dell'isoprene, idrocarburo a 5 atomi di carbonio (2-metil-1,3-butadiene); possono essere a struttura ciclica o lineare. I terpeni costituiscono la componente aromatica di molti oli essenziali vegetali. Tra i terpeni superiori ritroviamo i carotenoidi e le vitamine liposolubili A, E, K.

Gli steroidi sono sostanze con struttura di base tetraciclica. Il composto di maggiore diffusione nei tessuti animali è il colesterolo, precursore di altri steroidi come gli acidi biliari, il progesterone, gli estrogeni, gli androgeni, gli ormoni della corteccia surrenale e il 7-deidrocolesterolo o provitamina D. Nei tessuti vegetali sono presenti in differenti forme che prendono, complessivamente, il nome di fitosteroli. Tra questi assume particolare importanza l'ergosterolo in quanto precursore della vitamina D₂.

1.2.8 Vitamine

Le vitamine sono bioregolatori di determinante importanza in quanto presiedono, assieme agli ormoni, allo svolgimento di tutti i processi fisiologici sia direttamente sia indirettamente attraverso meccanismi enzimatici.

In base alla solubilità vengono classificate in liposolubili, che si sciolgono nei grassi e nei solventi apolari ed idrosolubili che si sciolgono in acqua e nei solventi polari.

Vitamine liposolubili

Le quattro vitamine **liposolubili** A, D, E, K sono tutti composti isoprenoidi. La conoscenza delle loro funzioni fisiologiche è più scarsa rispetto a quelle delle vitamine idrosolubili.

La vitamina **A** è presente in due forme: la vitamina A₁ o retinolo, diffusa soprattutto nei mammiferi e nei pesci marini, e la vitamina A₂, comune nei pesci di acqua dolce. La vitamina A viene prodotta negli organismi animali partendo dal carotene, pigmento vegetale di colore giallo-arancione, presente in tutti i tessuti clorofilliani, in vari semi e frutti. I caroteni sono idrocarburi insaturi e sono presenti negli isomeri α , β , γ dei quali il secondo presenta la maggiore attività provitaminica. In genere, i foraggi verdi contengono l'85% dell'isomero β , il 15% di quello α e tracce di quello γ . La conversione della provitamina in vitamina A avviene prevalentemente al livello intestinale ed in minima parte anche nel fegato e nella ghiandola mammaria; la trasformazione biochimica è mediata dalla presenza del carotenasi, complesso enzimatico contenente Fe del gruppo delle ossigenasi e dall'ormone tiroxina. Attualmente c'è la tendenza a considerare la vitamina A come un ormone piuttosto che come un principio protettivo vero e proprio. La vitamina A interviene nel mantenimento della capacità visiva in quanto costituisce parte integrante della rodopsina o porpora visiva dei bastoncelli della retina. Altra funzione svolta da questa vitamina è quella epitelio-protettrice; tale attività si esplica soprattutto a carico dei tessuti secernenti muco dell'apparato digerente, respiratorio e urogenitale, preservando dall'ossidazione i radicali solfidrici delle catene polipeptidiche cellulari e inibendo così la formazione di cheratine. La cheratinizzazione degli epitelii mucosecretivi è un processo degenerativo caratterizzato da una

diminuzione della permeabilità cellulare e degli scambi nutritivi. Ciò conduce a fenomeni di desquamazione epiteliale e a processi ulcerativi delle mucose con conseguenti possibili infezioni; da qui la denominazione di antinfettiva data a questa vitamina. La vitamina A esercita una notevole influenza sulla fertilità. Infatti, è assai nota l'azione sinergica fra questa e il progesterone e l'attività antagonista fra la stessa e gli estrogeni. La funzionalità ovarica risulta alterata da condizioni di ipovitaminosi dal momento che i follicoli possono diventare persistenti con possibili degenerazioni cistiche. L'effetto cheratinizzante può coinvolgere l'endometrio e danneggiare lo sviluppo della placenta con possibili malformazioni fetali o più frequentemente, morte dell'embrione. Risulta difficile definire l'esatto fabbisogno alimentare di β -carotene anche perché questo composto viene, in massima parte, utilizzato per la produzione di vitamina A, comunque, sembra che dosi quotidiane di 30 mg di provitamina per q di peso vivo bastino a migliorare il tasso sanguigno in modo da permettere una fertilità ottimale. Generalmente, gli stati carenziali si evidenziano nelle grandi lattifere in cui l'aumento dei fabbisogni nutritivi ha accentuato lo squilibrio tra foraggi e concentrati nella razione. Infatti, i fieni e gli insilati che una vacca può consumare giornalmente riescono a coprire solo i bisogni di mantenimento e per la produzione di 10 litri di latte. I principali organi di riserva del β -carotene sono il sangue, il fegato e il corpo luteo. Durante i periodi primaverili-estivi, caratterizzati dalla presenza di foraggio fresco nella dieta, i titoli di β -carotene e quindi di vitamina A aumentano sia nel plasma sia nel latte. La concentrazione carotenica dei tessuti vegetali diminuisce col progredire della maturazione della pianta; la conservazione del foraggio implica delle perdite di caroteni che sono rilevanti nel caso della fienagione e più contenute con l'insilamento e soprattutto con la disidratazione.

I fabbisogni medi sono:

- bovini: 10.000 U.I./q peso vivo/giorno;

- suini: 8.000-10.000 U.I./capo/giorno per verri e scrofe in lattazione; 1.200-2.200 U.I./giorno per lattinzoli fino a 8 settimane; 5.000-8.000 U.I. per q di peso vivo nelle altre categorie.

La vitamina **D** (coleciferolo, ergocalciferolo, antirachitica, calciofissatrice) è presente in due forme chimicamente affini in quanto appartengono al gruppo degli steroidi: la vitamina D_2 o ergocalciferolo, di origine vegetale, e la vitamina D_3 o coleciferolo, di origine animale. Entrambi i principi vitaminici attivi si originano dai propri precursori, rispettivamente l'ergosterolo e il 7-deidrocolesterolo, per irraggiamento ultravioletto. Essa svolge un ruolo fondamentale nel normale processo di calcificazione delle ossa, la cui prima tappa consiste nella sintesi, operata dal fegato, di un composto più attivo, il 25-idrossicolecalciferolo, che costituisce la forma principale circolante. Questo composto viene ulteriormente metabolizzato nel rene a 1,25-deidrossicolecalciferolo, che costituisce la forma biologicamente attiva della vitamina D. Questa, a livello intestinale, interviene favorendo l'assorbimento del Ca^{++} per mezzo della biosintesi di proteine specifiche che fungono da trasportatori attivi attraverso le mucose. In questa sua azione, la vitamina D è complementata dall'ormone paratiroideo prodotto nel momento in cui la concentrazione di Ca^{++} plasmatico scende sotto i valori normali. Tale ormone agisce sia sui reni, stimolando la produzione di 1,25-deidrossicolecalciferolo, che sulle ossa dove è in grado di mobilitare il Ca^{++} accumulato in questo tessuto. Nonostante la vitamina D venga denominata calciofissatrice, il suo ruolo biologico è quello di assicurare l'assorbimento del calcio e di controllare l'eliminazione urinaria del fosforo poiché la funzione mineralizzatrice è svolta invece da un enzima, la fosfatasi alcalina (ALP). I sintomi più manifesti dovuti a stati di avitaminosi sono il rachitismo nei giovani animali e l'osteomalacia negli adulti,

entrambi causati da carente calcificazione del tessuto osseo. Generalmente, in condizioni di allevamento adeguate non si verificano stati carenziali in quanto è sufficiente che gli animali possano beneficiare di spazi all'aperto e di ricoveri luminosi. L'unità di misura è l'unità internazionale (U.I.) corrispondente a 0,025 mg di calciferolo puro, perciò 1 mg di questa vitamina possiede l'azione biologica di 40.000 U.I. I fabbisogni di vitamina D variano in funzione della specie, dello stadio fisiologico e dei sistemi di allevamento. Stati di ipervitaminosi possono portare ad eccessiva calcificazione del tessuto osseo, delle cartilagini articolari e dei vasi sanguigni arteriosi. La vitamina **E** (tocoferolo, antisterile) è molto diffusa nel mondo vegetale, specie nei germi di cereali e nei relativi olii e nei germogli in genere si trova nelle parti verdi di tutti i vegetali, nei fieni non dilavati. Nei prodotti di origine animale e nei tessuti animali la vit. E è contenuta in piccole dosi, fatta eccezione per la placenta e per l'ipofisi che ne sono, particolarmente, ricche. Essa esplica importanti funzioni nei riguardi della sfera riproduttiva del maschio e della femmina. Tale effetto non sembra però l'espressione di un meccanismo biologico molto generale, svolto dalla vit. E, il cui compito fondamentale nella cellula animale vivente è quello di rappresentare l'"antiossidante fisiologico" che protegge la vit. A e gli acidi grassi saturi ed insaturi da possibili fenomeni di auto ossidazione. Sembra svolga azione preventiva contro l'aborto precoce e azione curativa nei riguardi di alcune forme di sterilità a base non anatomica. Inoltre, partecipa a sintesi e processi metabolici, è dotata di proprietà tensioattive ed è indispensabile per la genesi di molti enzimi e coenzimi, per la sintesi di acido ascorbico e degli acidi nucleici. Aumenta la tolleranza dell'organismo alle sostanze tossiche. Eventuali sintomi di carenza si fanno risentire sulla sfera genitale e può dipendere anche da carenza di selenio nella razione o dalla presenza di elevati quantitativi di grassi, soprattutto se irranciditi.

Unità di misura = U.R. (unità ratto) = 3 α di tocoferolo. I tocoferoli che costituiscono la vitamina E sono quattro ma quelli più importanti sono quello α e β che possiedono attività antiossidante ma diversa attività biologica.

La vitamina **K** (della coagulazione, antiemorragica) naturale è presente in due forme, la K_1 e la K_2 ; esiste inoltre una terza forma, di sintesi, la K_3 con attività vitaminica superiore rispetto alle precedenti. E' notevolmente abbondante nelle parti verdi dei vegetali; nei tessuti animali è scarsa, fatta eccezione per il fegato che ne contiene discrete dosi. Negli animali viene sintetizzata a livello intestinale. La vitamina K condiziona, da parte del fegato, la produzione dell'enzima proconvertina che a sua volta catalizza le reazioni che portano alla formazione della protrombina, precursore della trombina la quale accelera la conversione del fibrinogeno in fibrina, proteina insolubile costituente la frazione fibrosa del coagulo di sangue. Raramente si riscontrano carenze di vitamina K sia perché essa abbonda nei foraggi sia perché è sintetizzata nel ruminante dei poligastrici e nel ceco dei monogastrici. La scarsa flora microbica intestinale nelle prime settimane di vita e, quindi, il deficiente apporto endogeno di vitamina K, è spesso associato alla comparsa di diatesi emorragiche negli animali giovani (pulcini, suinetti).

Vitamine idrosolubili

La vitamina **B** è un gruppo di sostanze diverse costituite da almeno 15 elementi che, nonostante l'eterogeneità della loro struttura molecolare, hanno in comune alcune proprietà: sono idrosolubili, contengono nella loro molecola un atomo di azoto, svolgono funzione coenzimatica. Diverse vitamine del gruppo B sono sintetizzate dalla flora microbica del digerente degli erbivori, la quale nell'adulto può soddisfare appieno i fabbisogni dell'organismo. Le vitamine del gruppo B partecipano alle tappe più significative del metabolismo intermedio come coenzimi: esse cioè sono unite a principi

specifici di natura proteica, formano enzimi complessi che catalizzano svariate e fondamentali reazioni del metabolismo. Sono sostanze indispensabili per il metabolismo (ac. folico, vit. B₁₂) e più particolarmente per i fenomeni biochimici relativi ai glucidi (tiamina, niacina, biotina), ai lipidi (ac. pantotenico, colina) e ai protidi (riboflavina, piridossina).

Vitamina B₁ o tiamina o aneurina (antineuritica, antiberiberica). Essa è diffusa in molti tessuti vegetali verdi e in molti mangimi (crusca, avena, orzo, pula di riso); tra gli alimenti di origine animale, ne contengono sufficientemente il fegato, cuore, reni, carni in genere, tuorlo d'uovo e in dosi modeste il latte; il lievito di birra ne è particolarmente ricco. Se ne perde molta con la cottura degli alimenti. Essa è legata al metabolismo intermedio degli idrati di carbonio, stimola la funzione digestiva, regola l'attività cardiaca e muscolare, regola la temperatura corporea, ha azione analgesica contro le nevriti. La sua carenza nei polli determina polineurite e disturbi a carico dell'apparato digerente, del cuore, e della termoregolazione. Si trova in commercio sotto forma di cloridrato di tiamina.

Acido folico o folagina o ac. pteroilglutammico. Si trova in notevoli quantità nelle parti verdi dei vegetali, nei cereali, nel fegato, nel lievito di birra. Viene sintetizzato dalla microflora ruminale e del grosso intestino. Sembra indispensabile alla emopoiesi e alla crescita dei pulcini, ha azione curativa nei riguardi di diverse forme di anemia in quanto favorisce la formazione e maturazione degli eritrociti e dei leucociti. Esiste una relazione tra ac. folico e immunità ed in unione alla vit. B₁₂ induce la produzione di agglutinine contro la *Brucella abortus*, *Pasteurella multocida* e la *Salmonella typhosa*. La sua azione favorisce la formazione degli anticorpi attraverso il metabolismo dell'acido pantotenico e la sintesi dell'acido nucleinico.

Vitamina B₂ o riboflavina o lattoflavina o epatoflavina. E' diffusa nel regno vegetale, ne sono ricchi i tessuti animali ed i prodotti di origine animale (latte, uova, farine di pesce). Regola insieme con altre sostanze i processi di respirazione cellulare, stimola la crescita, è indispensabile per la funzione visiva e per l'ottimale funzionamento del sistema nervoso. Nei polli una carenza di vit. B₂ si manifesta con arresto di accrescimento, diarrea e paresi delle zampe nei pulcini, con una diminuita produzione di uova e percentuale di schiusa nelle ovaiole, con dermatiti diffuse nei tacchini; nei suini con perdita dell'appetito, paresi degli arti posteriori, diarrea, dermatite; negli equini sembra sia la causa della cosiddetta luna (oftalmite periodica). Essa insieme alle altre vitamine del gruppo B agisce in sinergismo sia auxinico sia terapeutico. I fabbisogni dei giovani animali sono abbastanza elevati e le quantità apportate con gli alimenti non sempre sono soddisfacenti, quindi le integrazioni di vit. B₂ sono indispensabili in tutti i tipi di mangime.

Vitamina B₃ o acido pantotenico (antidermatica del pulcino). Entra a far parte della molecola del CoA che assolve alla funzione di trasportatore di gruppi acile nelle reazioni enzimatiche di β -ossidazione degli acidi grassi, nelle reazioni di sintesi degli acidi grassi e di ossidazione dell'acido piruvico. Inoltre, determina l'acetilazione della colina che sotto forma di acetilcolina costituisce il mediatore chimico nella trasmissione degli impulsi nervosi a livello delle sinapsi fra i neuroni. L'acido pantotenico è così definito a seguito della sua larga diffusione in natura: è infatti presente nelle erbe, nei fieni e nei costituenti dei mangimi concentrati (crusche, farine, ecc.). Generalmente, non si evidenziano stati carenziali anche perché tale vitamina viene sintetizzata dalla microflora dell'apparato digerente.

Vitamina B₆ o piridossina. Prima di essere utilizzata la piridossina viene convertita in piridossale e piridossamina che formano, rispettivamente, i coenzimi piridossal fosfato e piridossamina fosfato. I due coenzimi intervengono in reazioni enzimatiche in cui

avvengono trasformazioni di aminoacidi e trasferimento di gruppi amminici (transaminazione). Si suppone che la vit. B₆ intervenga anche nella produzione di anticorpi nel sangue e nella sintesi dei grassi dagli aminoacidi. Essa viene definita anche adermatina in quanto svolge un'azione trofica sulla cute prevenendo il manifestarsi di dermatiti. E' molto diffusa negli alimenti, soprattutto nella crusca di frumento, nei sottoprodotti della molitura, nelle farine animali e nei germi dei semi.

Vitamina B₁₂ o cobalamina (antianemica). Essa è la più importante di un gruppo di sostanze ad azione e struttura simile, perciò si può parlare di gruppo delle vit. B₁₂ :

- eucobalamine, hanno azione stimolante sul metabolismo proteico e la sintesi degli acidi nucleici RNA e DNA;

- pseudocobalamine, sintetizzate dai microrganismi ruminanti e del grosso intestino o da altri microrganismi quali gli streptomiceti.

Esse sono caratterizzate dall'aver nella loro molecola il cobalto, che perciò è necessario per la loro sintesi. La vitamina B₁₂ è assente nei vegetali mentre, è contenuta negli estratti epatici ed in vari alimenti di origine animale (farine di pesce, farina di carne, siero di latte) e fa parte del complesso APF (animal protein factor). La vitamina B₁₂ è essenziale per l'accrescimento e per l'emopoiesi ed è indispensabile per la sintesi degli acidi nucleici intervenendo nel metabolismo proteico e della sintesi della colina e della metionina, in particolare, ed in quello lipidico e glucidico catalizzando diverse reazioni enzimatiche. Ha notevole funzione antianemica e: nei polli, stimola la crescita ed influisce favorevolmente sulla schiusa delle uova e sul vigore dei pulcini alla nascita; nei suini, oltre a stimolare l'accrescimento, diminuisce la mortalità postnatale. Negli erbivori, il contenuto di vit. B₁₂ nel fegato, nei polmoni, rene, cervello, ghiandole salivari, pancreas, è dovuto all'assorbimento di materiale microbico sintetizzato nel tubo digerente, e nei carnivori a quello proveniente da queste vie e dagli alimenti. La placenta è permeabile a questa sostanza che può passare facilmente dalla madre al feto.

Vitamina B₁₃ o acido orotico. E' un fattore di crescita dei ratti e dei suini ed è presente nel lievito, nella pula di riso e nella caseina grezza.

Vitamina B₁₄. Viene estratta dall'urina di esseri umani sani, possiede un'elevata attività antianemica. Contiene azoto e fosforo ma non cobalto e solfo. Viene considerata un ormone e pur differenziandosi nettamente dalla cobalamina, rappresenta parte dei meccanismi chimici, necessari a completare il processo emopoietico.

Vitamina H (α , β biotina, fattore cutaneo, antiseborroica). E' presente nel rosso d'uovo (α -biotina), nel latte e nel fegato (β -biotina); nell'albume dell'uovo è presente una proteina, l'avidina che inattiva la biotina. E' sintetizzata rapidamente dalla microflora intestinale, per questo condizioni di carenza, in genere, si manifestano solo quando si utilizza molto avidina. Come coenzima, partecipa alla costituzione di enzimi che catalizzano varie reazioni del metabolismo dei glucidi, lipidi e protidi (bioto proteina del fegato). Come cofermento è necessaria alla desaminazione reversibile dei singoli aminoacidi. Favorisce la sintesi di acidi grassi insaturi, esplica azione trofica sulla cute, è indispensabile allo sviluppo embrionale del pulcino, influenza favorevolmente la produzione della lana.

Vitamina C o acido ascorbico (vit. antiscorbutica, fattore antinfettivo).

Chimicamente è un glucide del gruppo degli esosi il cui carattere acido è determinato dalla presenza di due ossidrilici enolici. Possiede proprietà riducenti ed è biologicamente attivo sia nella forma ridotta che in quella ossidata. Possiede un ruolo sinergico all'adrenalina ed interviene nella produzione del collagene da parte dei fibroblasti; esercita infine un'attività trofica sui vasi capillari. La carenza, infatti, comporta emorragie diffuse sottocutanee (scorbuto). L'acido ascorbico è necessario nella dieta di pochi vertebrati, tra cui l'uomo, in quanto la maggior parte degli animali superiori e le

piante sono in grado di sintetizzarlo a partire dal glucosio e da altri zuccheri semplici. La vitamina C è largamente diffusa nei vegetali verdi, negli agrumi e nei semi in germinazione, è termolabile e si inattiva facilmente in presenza di sostanze ossidanti. L'uso zootecnico prevalente di questa vitamina è come fattore antistress.

Vitamina P o citrina (vit. della permeabilità capillare). E' sinergica all'acido ascorbico sintomi di carenza sono da attribuire all'aumentata fragilità dei capillari determinando, la loro rottura, emorragie sottocutanee; l'avitaminosi determina anche un aumento della permeabilità dei capillari alle proteine.

1.2.9. Macrobromi Inorganici

Comprendono l'**acqua** e gli elementi minerali: **calcio, fosforo, magnesio, potassio, sodio, cloro e zolfo**. Vengono definiti "macro" in quanto si tratta di elementi presenti negli alimenti in quantità dosabili con i comuni metodi analitici.

L'**acqua** è il costituente più diffuso in tutti gli organismi viventi. Il corpo degli animali giovani è costituito da circa 750 -800 gr di acqua per Kg mentre negli animali adulti, in buone condizioni nutritive, il contenuto in acqua scende a 500 gr per Kg. Essa costituisce il solvente delle reazioni biochimiche che avvengono nelle cellule, determina la caratteristica struttura e le proprietà biologiche delle proteine e degli acidi nucleici oltre che delle membrane dei ribosomi e di molti altri componenti cellulari. Essa interviene meccanicamente nella digestione, nell'assorbimento, nel trasporto dei nutrimenti e nella eliminazione dei prodotti di scarto che ne derivano. Agisce sulla termoregolazione in quanto funziona da tampone di calore. L'acqua dell'organismo si distingue in: intracellulare (40%), extracellulare (20%); quest'ultima si suddivide a sua volta in acqua del siero (5%) e interstiziale (15%). Le richieste idriche dell'organismo vengono soddisfatte:

- a) per via esogena con l'acqua di bevanda e/o quella contenuta negli alimenti;
- b) per via endogena, per mezzo dell'acqua metabolica che si forma durante l'ossidazione dei carboidrati e dei grassi; essa assume molta importanza negli insetti che non bevono e negli animali in letargo, ma non negli animali di interesse zootecnico.

L'acqua apportata con gli alimenti viene facilmente assorbita attraverso le pareti dei prestomaci nei ruminanti e nell'ultimo tratto dell'intestino negli altri animali. Generalmente, dato il diverso contenuto idrico degli alimenti, si stabiliscono i fabbisogni di un animale in funzione della sostanza secca ingerita oppure in litri per unità di peso. Per i bovini all'ingrasso sono necessari 8-10 litri/q peso vivo/giorno oppure 2,5-3 litri/kg s.s. ingerita. Per le vacche in lattazione le richieste sono notevolmente superiori, circa 4 l/kg S.S. ingerita. I suini di circa 80-100 Kg possono consumare fino a circa 30 litri di acqua al giorno mentre, le scrofe in lattazione circa 20-22 l. Nelle specie avicole si considera un fabbisogno idrico pari al doppio del mangime consumato; per le ovaiole è necessario un supplemento pari al doppio dell'acqua contenuta nelle uova. La disponibilità continua di acqua di bevanda determina un maggior benessere negli animali e, quindi, maggiori produzioni zootecniche. Oltre ad essere pulita, cioè priva di scorie, l'acqua deve essere potabile, cioè con giusto contenuto minerale (< 500-600 p.p.m.). Il 90-95% del contenuto minerale è rappresentato da: carbonati, bicarbonati, clorati, solfati di sodio, potassio, magnesio e calcio.

1.2.10 Minerali

L'organismo animale per il 95,7%, del proprio peso è costituito da acqua, proteine ed idrati di carbonio, cioè elementi plastici (C, H, O, N), il 4,2% da macroelementi (hanno azione plastica) mentre i microelementi sono presenti in tracce.

Gli elementi minerali biogeni o macroelementi sono: Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca (elencati secondo il peso atomico) mentre i microelementi o minerali accidentali (con azione oligodinamica, catalitica), in ordine alfabetico, sono: Al, Ag, As, Ba, B, Br, Cs, Co, Cr, Fe, Fl, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Cu, Rb, Se, Sn, Ti, V, Zn.

I minerali sono privi di energia e di azoto ma sono essenziali per l'alimentazione animale, peraltro, essi non possono essere sintetizzati, a differenza di altri principi nutritivi, dall'animale e quindi devono essere presenti nella razione in quantità sufficienti a soddisfare i fabbisogni. Per quanto riguarda le funzioni dei minerali bisogna ricordare che:

- a) alcuni sono fondamentali per la formazione dello scheletro e dei denti (calcio, fosforo);
- b) il fosforo entra nelle reazioni metaboliche che comportano trasferimento di energia in tutte le cellule animali;
- c) alcuni minerali sono necessari per la sintesi proteica: tra essi lo zolfo che fa parte della molecola degli aminoacidi solforati (metionina, cistina, cisteina) inoltre, fosforo, ferro, manganese, zinco, nichel e cromo sono componenti dell'RNA che è indispensabile per tutte le sintesi proteiche;
- d) la maggior parte dei microelementi ma anche qualche macroelemento (calcio) entrano nei sistemi enzimatici che possono essere: 1) metalloenzimi dove c'è una rigida associazione tra il metallo e la porzione proteica della molecola, ognuna delle quali ha un numero fisso di atomi di un dato elemento e 2) complessi di metalloenzimi dove l'associazione non è molto stretta e vi possono essere sostituzioni tra elementi diversi;
- e) alcuni minerali più abbondanti quali il Ca, P, Mg, Na, K, Cl rappresentano gli elettroliti dei liquidi corporei e delle secrezioni digestive e sono indispensabili nelle funzioni vitali quali la pressione osmotica, l'equilibrio acido-basico, il pH, la permeabilità delle membrane, la trasmissione nervosa; così sodio e potassio sono abbondanti nelle secrezioni digestive, il fosforo nella saliva, il cloro nei succhi gastrici, il calcio nella bile.
- f) alcuni regolano il grado di eccitabilità neuromuscolare: calcio e magnesio la deprimono, potassio e sodio aumentano l'eccitazione nervosa. In una situazione in cui si ha un brusco calo ematico di magnesio e un aumento di potassio si verifica una dismetabolia che va sotto il nome di tetania da erba; mentre, un livello insufficiente di calcio dopo il parto predispone al collasso puerperale;
- g) altri minerali hanno ruoli specifici e ben definiti: lo iodio è componente della tirosina che regola il ritmo metabolico, il cobalto fa parte della vitamina B₁₂, il ferro, fra l'altro, serve per il trasporto dell'ossigeno da parte dell'emoglobina, il cromo è un attivatore dell'insulina.

Stabilire i fabbisogni minerali diventa complicato in quanto diversi fattori influenzano il destino dei minerali una volta ingeriti, così ad esempio:

- a) il comportamento degli animali varia con la specie e con le condizioni fisiologiche: accrescimento, gravidanza, lattazione;
- b) ci sono diverse interrelazioni tra i minerali,
- c) esistono interferenze, nel calcolo della digeribilità, delle quote di origine endogena;
- d) una diversa solubilità e disponibilità dei prodotti e composti attraverso i quali i minerali sono somministrati.

Comunque, oggi mediante l'uso di elementi marcati (radioattivi) si può essere più precisi sul fabbisogno in minerale da parte degli animali

Circa il grado di utilizzazione dei minerali è bene ricordare che esso varia con gli alimenti che li contengono e li veicolano:

- a) il magnesio contenuto nei foraggi verdi è poco utilizzabile rispetto a quello contenuto nei foraggi maturi;
- b) per il fosforo fitinico, presente nelle farine di soia e di cotone e nei cereali e cruscami (60% del fosforo totale) (la fitina è una combinazione di vitamina (inositolo), fosforo e altri minerali quali calcio e magnesio) va detto che la sua utilizzazione dipende dal rapporto Ca:P, dalla quantità di vitamina D disponibile, dal pH dell'apparato digerente, dal livello di zinco nella dieta. Dal 30 al 90% dei fitati sono idrolizzati (grazie alla fitasi) e metabolizzati dai microrganismi del rumine e ciò significa che i ruminanti utilizzano meglio il fosforo fitinico rispetto ai monogastrici per i quali il grado di utilizzazione è quasi nullo;
- c) per il calcio la variabilità del grado di utilizzazione è leggermente inferiore a quella del fosforo (20-80 vs 20-50%); comunque l'utilizzazione del calcio è bassa ed è maggiore nei monogastrici che nei ruminanti. Il calcio contenuto nell'erba medica per il 20-30% è sotto forma di ossalato e non è utilizzabile dai ruminanti. Lo stesso discorso vale per il potassio. Nei bovini sia il sodio che il potassio e il cloro vengono assorbiti quasi interamente mentre solo il 3-4% del manganese viene assorbito. Sull'assorbimento dei minerali influiscono molti fattori:
- a) per alcuni (calcio, magnesio, zinco, ferro) la quantità assorbita diminuisce all'aumentare di quella ingerita;
- b) la fibra, in genere, e la cellulosa, in particolare, legano alcuni minerali (Ca, P, Mg, Fe, Zn) rendendoli non utilizzabili dall'animale;
- c) i ruminanti avrebbero una capacità di assorbimento degli oligoelementi più bassa rispetto ai monogastrici; al riguardo vale l'esempio del rame che viene assorbito per il 70% dal vitello lattante e solo per il 10% da quello già svezzato;
- d) l'avanzare dell'età dell'animale diminuisce l'assorbimento dei principali macroelementi (Ca, P, Mg). Ciò, insieme alla diminuzione delle riserve di calcio e di magnesio con l'avanzare dell'età, contribuisce alla maggiore incidenza della tetania da erba e del collasso puerperale nelle femmine con più lattazioni rispetto alle primipare;

Contenuto in elementi minerali nel corpo animale (Miller, 1975) (modificato)						
Macroelementi	%	Ppm	g/Kg	Microelementi	Ppm	g/Kg
Calcio	1,2	12.000	15	Ferro	50	20-80
Fosforo	0,7	7.000	10	Zinco	20	10-50
Magnesio	0,05	500	0,4	Rame	5	1-5
Sodio	0,14	1.400	1,6	Iodio	0.43	0.3-0,6
Potassio	0,17	1.700	2	Cobalto	<0.04	0,02-0.1
Zolfo	0,15	1.500	1,5	Selenio	Tracce	1-2
Cloro	0,10	1.000	1,1	Manganese	0.3	0,2-0,5
				Fluoro	Tracce	
				Cromo	< 0.9	
				Molibdeno	< 0.07	1-4
				Silice	?	
				Nichel	< 0.14	
				Vanadio	0,3	
				Stagno	0,43	

- e) l'assorbimento dei minerali è condizionato dallo stato fisiologico: nei bovini l'assorbimento del calcio aumenta (del 30% circa) verso la fine della gravidanza e

l'assorbimento massimo si ha durante il 2-3° mese di lattazione; in pratica l'organismo gravido o in lattazione si comporta come nelle fasi di crescita, assumendo capacità anaboliche per far fronte all'elevato fabbisogno del feto a fine gestazione e quello relativo all'elevata produzione di latte.

Per quanto riguarda l'eliminazione da parte dell'animale dei minerali in eccesso va considerato che:

- a) un eccesso di minerali comporta per la maggior parte di essi (Ca, Mg, ecc.) un loro minore assorbimento e quindi una maggiore escrezione con le feci;
- b) il fosforo in eccesso verrebbe assorbito per la maggior parte e poi verrebbe escreto con le urine mediante un processo che richiede Ca^+ e Na^+ , quindi un eccesso di P potrebbe causare una carenza secondaria di calcio e sodio;
- c) alcuni minerali se somministrati in eccesso riducono l'assorbimento di altri: ad esempio un eccesso di potassio riduce l'assorbimento del magnesio.

Non tutta la quantità di elementi minerali presente negli alimenti viene utilizzata dall'animale; la quota disponibile è molto modesta: inferiore al 30% di quella presente, per il magnesio, ed al 60% per il fosforo.

1.2.11 Macroelementi

Calcio - E' il costituente essenziale di tutte le cellule viventi e prevale quantitativamente nelle cellule scheletriche degli organi animali, ma si trova in tutti gli organi e liquidi organici. Nel sangue, il calcio è presente nella frazione plasmatica e tende a diminuire come quantità nella femmina gravida; nei tessuti esso sembra essere combinato con i colloidi protoplasmatici. Il Ca interviene soprattutto:

- nella calcificazione delle ossa e dei denti;
- coagulazione del sangue, gli ioni calcio catalizzano la trasformazione della protrombina in trombina
- coagulazione del latte: attraverso la formazione del paracaseinato di calcio;
- regolazione della permeabilità delle membrane cellulari;
- regolazione dell'equilibrio acido-basico del sangue;
- regolazione dell'irritabilità muscolare (agisce da moderatore).

Il Ca viene assorbito nella porzione superiore dell'intestino tenue, forse sotto la forma inorganica e all'assorbimento contribuiscono: presenza in giusto rapporto del P, presenza della vitamina D, presenza di altri componenti dell'alimento, reazione dei succhi intestinali. L'utilizzazione del calcio e del fosforo è massima quando il rapporto tra i due elementi è: 2/1 nei ruminanti, 0,8/1,2 nei suini, 1,5/2 nei pulcini, 3,5/4 nelle ovaiole. La deficienza di calcio nella dieta non porta ad una variazione del tasso di calcio nel sangue se non in casi di estrema carenza; anche i sintomi organici di carenze di calcio (fragilità delle ossa, riduzione della produzione di latte) avvengono solo dopo un lungo periodo di deficienza calcica. Ad un'alterazione del metabolismo del calcio è collegata, invece, una forma morbosa che può manifestare gravi conseguenze nelle vacche da latte: il collasso puerperale.

Fosforo. Oltre ad essere un costituente degli acidi nucleici, interviene nel metabolismo di tutte le sostanze nutritive ed è presente in misura dello 0,95% nella materia vivente dei mammiferi allo stato di fosfati, ortofosfati e derivati organici fosforati. La maggior parte del P si trova nello scheletro. Il suo assorbimento è facilitato dalla forma chimica dei prodotti fosforati ed è influenzato dal rapporto calcio/fosforo infatti, quando uno dei due elementi è eccedente, l'altro viene insolubilizzato per formare fosfato tricalcico e, quindi, diviene indisponibile per l'organismo quell'elemento, tra il Ca e il P, presente nella dieta in minore quantità. I sali di ferro riducono l'utilizzazione di P e l'assimilazione del Ca. La carenza di P è più frequente rispetto a quella del Ca e negli

animali giovani e in quelli all'ingrasso si manifesta con: depravazione del gusto, scarso accrescimento, elevato indice di conversione, rachitismo. Nelle femmine si hanno turbe delle ossa e dei denti, infertilità, aborto, nascita di redi deboli, diminuita produzione di latte. Nel caso di carente apporto alimentare di P l'animale è costretto a fare ricorso alle proprie riserve ossee.

Potassio - Tutti i foraggi ne contengono in quantità superiori a quelle richieste dagli animali. Il K^+ è il principale catione endocellulare ed è localizzato soprattutto nei muscoli (75%) e nel fegato, mentre solo il 5% si trova nelle ossa.

Esso regola la pressione osmotica cellulare, gli equilibri elettrolitici e acido-basici, stimola l'eccitabilità neuromuscolare ed è coinvolto nel metabolismo dei glucidi. Anche se la sua presenza è limitata in molti mangimi concentrati, il suo elevato contenuto nei foraggi (2,5% nelle graminacee), soprattutto se giovani, e l'elevata utilizzazione digestiva (90% circa) rende difficile una carenza negli erbivori. Bisogna, invece, evitare eccessi di K (facili con l'ingestione di melasso di bietola non depotassato, molta erba giovane) in quanto si può verificare una carenza di altri elementi quali quella di Mg per un minor assorbimento e quella di Na e Cl per una maggiore eliminazione con le urine. Per evitare ciò quando nella razione il rapporto K/Na è maggiore di 3 bisogna integrare con Na. Il rapporto ottimale tra Ca e K è di 3/1. Tra i due elementi c'è antagonismo; il primo intensifica i processi ossidativi dell'organismo, il secondo li deprime.

Sodio e Cloro - Sono due elementi molto richiesti dall'organismo il quale, fra l'altro, non ha la possibilità di formare depositi da cui attingere nei momenti di bisogno. Il sodio è contenuto in misura dello 0,2% ed è diffuso prevalentemente nel plasma sanguigno dove rappresenta la quasi totalità delle basi, ed ha perciò, una funzione preminente nella formazione della riserva alcalina e nella regolazione del pH del sangue. Il cloro accompagna quasi sempre il sodio, tanto nei tessuti che negli umori circolanti: il plasma sanguigno contiene, infatti, circa l'8% di cloruro di sodio e notevoli quantità di ioni Cl^- sono presenti nel succo gastrico. Inoltre, il Cl è connesso con il trasporto di CO_2 nel sangue; il Cl è importante per il normale equilibrio osmotico dei liquidi dell'organismo ed è anche l'attivatore di alcuni enzimi (amilasi salivare). La carenza di NaCl comporta perdita dell'appetito, diminuzione del peso, riduzione della produzione lattea. L'integrazione della razione con NaCl è sempre utile sia perché il fabbisogno degli animali difficilmente è coperto dalla quota presente negli alimenti e sia perché il potassio, presente negli stessi in quantità elevate, richiede una più consistente presenza di Na.

Magnesio - E' presente nell'organismo in dose molto bassa (0,05% del peso corporeo) ed è mineralizzato per la maggior parte nel tessuto osseo; il suo assorbimento avviene prevalentemente nel tratto pilorico-duodenale dove l'ambiente è ancora sufficientemente acido. Il tasso di assorbimento del Mg è molto variabile a secondo dell'alimento che lo contiene, dell'età dell'animale e del livello di altri minerali nella dieta (es. il potassio). In forma dinamica, cioè come ione, interviene nel meccanismo dell'eccitabilità muscolare in sincronia con il calcio; inoltre entra a far parte di numerosi enzimi tra cui la fosfatasi alcalina. La carenza di Mg determina una caduta della produzione lattea nelle lattifere, una crescita rallentata negli animali giovani, aborto e involuzione uterina nelle femmine gravide, calcificazione dei tessuti molli, ipereccitabilità accompagnata da manifestazioni tetaniche, aumento del metabolismo basale. Considerando che, almeno nei ruminanti, esiste un controllo omeostatico che permette di eliminare senza difficoltà moderati eccessi di Mg, ma non di fronteggiare adeguatamente carenze dell'elemento, con il Mg è preferibile largheggiare piuttosto che risparmiare. Comunque, un suo eccesso determina un aumento dell'eliminazione urinaria del calcio tanto da determinare stati di rachitismo.

Zolfo - E' presente nell'organismo in ragione dell'1,5-2%; nella quasi totalità si trova in forma organica (aminoacidi, vitamine) mentre si riscontrano solo minime tracce di composti minerali. Una lieve integrazione minerale (solfato di sodio, o zolfo finissimo) è consigliabile solo negli ovini per migliorare la qualità della lana

1.2.13 Microelementi

Sono principi protettivi in quanto assumono un ruolo preponderante nel controllo del metabolismo animale come costituenti del gruppo prostetico di numerosi enzimi. Inoltre, alcuni di essi svolgono anche funzioni di attivatori di enzimi (il manganese attiva il funzionamento dell'arginasi), entrano nella genesi di ormoni (iodio) e di vitamine (cobalto).

Ferro - Circa il 60-70% è contenuto nell'emoglobina, ma discrete quantità sono contenute nella mioglobina e negli organi di riserva come il fegato, la milza e il midollo osseo. Il suo assorbimento si verifica quasi totalmente nel duodeno; nell'epitelio intestinale si coniuga ad una struttura proteica formando una cromoproteina detta ferritina. Delle combinazioni organiche del ferro solo quella porfirinica (emoglobina e mioglobina) non viene utilizzata alimentariamente in quanto il microelemento non si libera dal nucleo tetrapirrolico. L'utilizzazione del ferro alimentare viene influenzata da: fabbisogno organico, grado di acidità del duodeno, caratteristiche dei componenti della razione, integrità della mucosa intestinale, presenza di vitamina E. Il ferro è legato al trasporto di ossigeno in funzione della capacità di tale elemento di cambiare valenza, entra a far parte del gruppo prostetico dell'emoglobina (eme) e dei citocromi ed interviene nella formazione dell'enzima succinico deidrogenasi. Il sintomo più marcato della carenza di ferro è l'anemia, caratterizzata da globuli rossi piccoli, poveri di emoglobina ma in quantità normale per ml di sangue. L'anemia ferropriva è frequente nei lattanti a causa sia delle scarse riserve organiche, sia dell'insufficiente contenuto di tale elemento nel latte e sia per la ridotta secrezione gastrica di HCl, principale responsabile della conversione dei sali ferrici in ferrosi più facilmente utilizzabili. Nei suinetti, la secrezione di HCl inizia solo verso la terza settimana di vita; inoltre, in questi animali il tasso epatico del ferro è di 30 mg/Kg alla nascita e di 90-100 mg/Kg nell'adulto. I suinetti quintuplicano il loro peso in circa 3 settimane, il latte fornisce solo il 10% del fabbisogno giornaliero di ferro, per cui le riserve organiche si esauriscono in un paio di giorni. I suinetti dovrebbero grufolare nel terreno (possibile solo negli allevamenti familiari) o ricevere integrazione con composti ferrosi (preferibilmente stabili nella forma ridotta) i quali dovrebbero contenere anche adeguate quantità di rame (mobilizza il ferro e lo rende disponibile per la sintesi dell'emoglobina) e di cobalto (attiva l'eritropoiesi). E' fondamentale la presenza di glucosio e di glicina che favoriscono la sintesi del gruppo eme. Tali preparati, in genere somministrati per via orale, dovrebbero avere un pH basso al fine sia di favorire un'anticipata acidificazione del contenuto gastrico che di inibire lo sviluppo di germi patogeni.

Rame - Viene assorbito prevalentemente nel primo tratto del digiuno ed è presente nel plasma soprattutto sotto forma di ceruloplasmina (glicometalloproteina). E' accumulato soprattutto nel fegato e in quantità minime nel midollo osseo. Le sue funzioni principali sono:

- legato alla ceruloplasmina, interviene nell'assorbimento e nella mobilizzazione del ferro;

- interviene nella formazione della matrice proteica del tessuto osseo stimolando gli enzimi preposti a tale funzione: una carenza di rame determina ispessimenti delle articolazioni e frequenti fratture;
- attiva la funzionalità della tirosinasi, l'enzima che catalizza la sintesi del pigmento cutaneo melanina a partire dall'aminoacido tirosina: uno stato carenziale di rame determina infatti depigmentazione dei peli;
- allo stato di ione Cu^{++} è attivatore della tripsina, interviene sul sistema nervoso centrale in quanto attiva la sintesi della mielina.

Generalmente, i foraggi non manifestano vistose carenze cupriche per cui è sufficiente un minimo di integrazione minerale per soddisfare le esigenze organiche degli animali.

Cobalto - Si trova localizzato nel fegato, reni e pancreas; l'assorbimento avviene solo sotto forma di vitamina B_{12} e si verifica solo nel primo tratto dell'intestino tenue ed il suo ruolo è legato a quella della vit. B_{12} di cui è parte integrante. Negli erbivori viene sintetizzato nel rumine se poligastrici e nel crasso se monogastrici. Ha una notevole azione emopoietica, se somministrato in dosi eccessive causa aumento dei globuli rossi (policitemia). La concentrazione minima sufficiente a garantire un adeguato apporto alimentare agli animali è di circa 0,1 mg/Kg s.s. della razione.

Iodio - Nei mammiferi è presente in quantità molto limitate (0,4 p.p.m.), è indispensabile al funzionamento della tiroide dove si trova in concentrazione più elevata e combinato alla proteina tireoglobulina ed agli ormoni tiroxina e 3,5,3'-triiodotironina. La carenza di iodio determina una ridotta produzione di ormoni tiroidei e quindi la comparsa del gozzo dovuto ad ipertrofia del tessuto ghiandolare a causa di un marcato accumulo di precursori proteici degli ormoni. Negli animali giovani, l'ipotiroidismo ritarda l'accrescimento e lo sviluppo sessuale; in quelli adulti, riduce l'intensità dei calori ed il tasso di concepimento mentre aumenta gli aborti e la ritenzione di placenta. La carenza di iodio può portare anche al prolungamento della gestazione. Negli alimenti vi possono essere sostanze ad attività gozzigena (composti solforati delle crucifere) che ostacolano sia l'assorbimento intestinale dello iodio che la sua incorporazione nella tireoglobulina. Il limite minimo di questo elemento necessario per evitare fenomeni carenziali è di 0,15 mg/Kg s.s. di alimento.

Manganese - E' concentrato, soprattutto, nei peli la cui costituzione è utilizzata come indice del contenuto dell'elemento nell'organismo. L'assorbimento avviene prevalentemente sotto forma di Mg^{++} mentre l'escrezione si verifica per via biliare. E' il costituente o l'attivatore di numerosi enzimi; interviene, inoltre, nell'attivazione di molti enzimi come la fosfoesterasi, l'adenosina-trifosfoesterasi e numerose peptidasi. E' indispensabile per la sintesi dell'ormone luteinizzante. Una sua carenza determina ritardi della pubertà, calori silenti, riduzione del tasso di concepimento e della libido nei maschi, trofismo osseo (se la sua carenza è associata a quella della colina e della biotina), condrodistrofia dei pulcini (accorciamento ed ispessimento delle dita e sviluppo carente del becco). Esso deve essere presente nelle razioni in ragione di 20-30 p.p.m. per i suini, 10-30 p.p.m. sulla sostanza secca per i bovini e 35-55 p.p.m. per le specie avicole.

Zinco - E' distribuito soprattutto nei capelli, peli, penne, ossa e denti. Si trova sempre legato alle proteine e a volte entra a far parte di enzimi. Viene assorbito (non tutto quello contenuto nella razione) nel tratto intestinale. Elevate quantità di calcio ne inibiscono l'utilizzazione. Esso partecipa all'attività dell'anidrasi carbonica interessata agli scambi gassosi fra i tessuti e partecipa al meccanismo responsabile della calcificazione ossea, entra nelle attività delle fosfatasi, nell'amilasi pancreatica e nella sintesi dell'insulina. Lo zinco risulta quindi indispensabile per l'accrescimento, per la

cheratinizzazione della pelle e dei peli, per l'osteogenesi e la condrogenesi e forse per la normale funzionalità dei testicoli e dei tubuli seminiferi.

L'integrazione di zinco nelle miscele si effettua con l'aggiunta di sali quali il cloruro, il carbonato, l'ossido, ma il più usato è il solfato eptaidrato.

Selenio - A concentrazioni minime esercita azione auxinica e riduce gli effetti della carenza di vitamina E. L'azione antiossidante svolta dal selenio è dovuta al fatto che esso entra nella costituzione dell'enzima glutatione-perossidasi, la cui funzione è quella di sottrarre l'ossigeno eccedente prevenendo la formazione dei perossidi. La carenza di selenio concomitante a quella di vit. E può causare miodistrofia enzootica dei vitelli e degli agnelli; nei suini causa decessi improvvisi, necrosi al fegato e degenerazione muscolare. I foraggi sono carenti in selenio quando il terreno è acido e quando si effettuano abbondanti concimazioni con solfati i quali inibiscono il selenio da parte delle piante. Alcune malattie pur non essendo causate da carenza di selenio rispondono positivamente ad una sua somministrazione quali crisi di svezzamento degli agnelli e dei vitelli, diarrea cronica del vitello, sterilità per riassorbimento fetale nella pecora, ritenzione placentare di origine infettiva, mortalità dei suinetti da somministrazione intramuscolare di ferro.

1.2.14 Ormoni ed Enzimi

Mentre, come già detto, le vitamine devono essere assunte in gran parte con l'alimento, gli ormoni e gli enzimi sono prodotti dall'animale. Gli ormoni sono sostanze indispensabili al normale decorso del metabolismo. Gli enzimi (o fermenti) determinano il verso e la velocità delle reazioni chimiche, senza essere né alterati né consumati; la loro attività biologica consiste nel sincronizzare le reazioni cellulari e nel facilitare quelle reazioni metaboliche che in loro assenza avverrebbero con estrema lentezza. Tra vitamine, ormoni ed enzimi esistono stretti rapporti reciproci e tutti e tre sono detti "sostanze attive" o "biocatalizzatori".

Nell'alimentazione degli animali possono essere adottati dei prodotti contenenti sostanze ormonali o ormonosimili per la stimolazione dell'accrescimento e dei processi fisiologici di interesse economico quali la produzione della carne o del latte, la regolazione dei cicli sessuali, ecc.:

- sostanze tireoattive in grado di provocare stati di ipertiroidismo, quali le proteine iodate che stimolano la produzione del latte nelle bovine;
- sostanze tireostatiche, che provocano l'ipotiroidismo e quindi l'ingrassamento;
- estrogeni sintetici i quali esercitano azione metabolizzante, stimolando la crescita.

Per gli enzimi vengono utilizzate preparazioni, contenenti enzimi amilolitici e proteolitici, che aggiunte alla razione migliorano la digeribilità degli alimenti e quindi consentono di utilizzare foraggi e mangimi di basso valore nutritivo.

1.2.15 Fattori Sconosciuti di Crescita

Vi sono alimenti che, se somministrati agli animali, hanno una particolare efficacia (sull'accrescimento) non spiegabile soltanto in base al loro contenuto in principi nutritivi. Gli stessi prodotti grezzi si considerano perciò portatori di fattori sconosciuti di crescita (U.G.F: = unidentified growth factors). Tra essi ricordiamo:

- fattore pesce (solubili di pesce, farina e avanzi di lavorazione del pesce, farina di fegato);
- fattore solubile di fermentazione (farina di semi di soia, lievito di birra, granturco, fegato, farina residua di fermentazione degli streptomices, ecc.);
- fattore succo d'erbe (farina d'erba medica disidratata, succo di foraggi freschi, siero essiccato, crema di latte essiccata);

- fattore protidico (gelatina, caseina, farina di soia);
- fattore tuorlo d'uovo (grasso del tuorlo d'uovo, lecitina).

1.2.16 Promotori di Performances e Additivi

Vi sono alcune sostanze non in grado o quasi di fornire energia che si dimostrano capaci di migliorare le prestazioni (performances) degli animali. Fra esse ricordiamo quelle che hanno proprietà auxiniche e quindi in grado di stimolare la crescita, migliorare l'indice di conversione degli alimenti, e la resistenza generale dell'animale e il rendimento produttivo. Esse vengono dette "promotori di performances"; invece, gli additivi sono sostanze (antiossidanti, emulsionanti, conservanti, addensanti, gelatificanti, coloranti, ecc.) capaci di proteggere gli alimenti dall'irrancidimento o dagli effetti dannosi dell'umidità e/o della conservazione, favorire la preparazione e la presentazione degli alimenti. Comunque la differenza tra promotori di performances e additivi è del tutto formale in quanto i primi sono degli additivi ed entrambi mirano ad ottenere: più elevate produzioni, soddisfacente stato sanitario, perfetta efficienza riproduttiva, minor costo alimentare. Per il legislatore, gli additivi sono sostanze che possono, se incorporate nei mangimi, influenzare favorevolmente le caratteristiche degli stessi e le produzioni animali. Tutte le sostanze da aggiungere alle razioni alimentari destinate agli animali domestici devono, nelle dosi impiegate:

- non avere conseguenze negative sulla quantità e qualità delle derrate ricavate dagli animali stessi (carne, latte, uova, ecc.);
- non essere riscontrabili come residui, nei prodotti animali, in quantità tali da essere nocive per il consumatore;
- essere stabili e ben definite chimicamente ed il loro controllo deve poter essere effettuato con dei precisi metodi analitici di laboratorio;
- essere ammesse dalla legislazione vigente.

I promotori di performances a carattere auxologico e farmacologico in genere vengono somministrati con gli alimenti in quanto questa via di somministrazione fa risparmiare tempo e manodopera e nello stesso tempo assicura un dosaggio preciso a tutti i soggetti in allevamento. Alcuni di questi vengono utilizzati a basso dosaggio e per tutta la carriera produttiva dell'animale, esercitando un'azione positiva sulla crescita e sugli indici di conversione degli alimenti. Altri sono utilizzati per lunghi periodi con lo scopo di prevenire la diffusione di malattie infettive od infettive (azione di profilassi). Altri, ancora, si somministrano solo quando insorgono malattie infettive che richiedono una terapia di massa, o in fase di allattamento e/o svezzamento. Tra essi ricordiamo:

Antibiotici e sulfamidici: nell'alimentazione degli animali molto giovani o in quelli tenuti in ambienti molto affollati o in condizioni sanitarie precarie la razione alimentare viene integrata con antibatterici i quali svolgono azione profilattica, terapeutica ed auxinica attraverso il controllo alimentare del microbismo gastrointestinale. Difatti gli antibatterici (antibiotici, sulfamidici e chemioterapici, in genere), utilizzati attraverso l'alimentazione contrastano i microrganismi che causano malattie aspecifiche e subcliniche, svolgono azione modulatrice sulla flora microbica, assecondando quella più favorevole, per una più intensa sintesi nutritiva; ed anche migliorano l'assorbimento dei principi nutritivi da parte delle mucose del tubo digerente, grazie ad un'azione di sanitizzazione delle mucose stesse. L'impiego nei non ruminanti degli antibatterici e dei promotori di performances consente di ottenere benefici sul miglioramento dell'accrescimento (5-8%) e dell'indice di conversione degli alimenti (3-6%). La loro azione è tanto maggiore quanto più elevato il livello di intensificazione produttiva dell'allevamento e quanto più basso è il livello igienico.

Coccidiostatici, furanici, vermifughi: generalmente sono supplementati nei cosiddetti "mangimi medicati". I coccidiostatici vengono utilizzati contro la coccidiosi (polli, conigli, suini, ruminanti). Sono di tipo non tossico né per gli animali né per i consumatori dei relativi prodotti, e vengono somministrati nelle prime fasi della vita e quando se ne ravvisi l'opportunità. I furanici oltre che sui batteri agiscono anche sui protozoi; trovano impiego quali antisettici intestinali specie nelle enteriti da alterazione della flora microbica, nelle gastroenteriti di origine incerta e sconosciuta, in quelle croniche, nelle enterocoliti nelle quali si richiedono somministrazioni di antisettici intestinali prolungate, nelle affezioni miste da protozoi e batteri. In generale, si possono considerare antisettici intestinali ed urinari ad azione locale. I vermifughi utilizzati sono molti: polvere di tabacco, estratto etereo di felce maschio, fenotiazine, tetracloruro di carbonio. Importante è intervenire per tempo sull'agente responsabile e scegliere il prodotto più adatto.

Sostanze tampone: sono prodotti in grado di modificare il pH ruminale determinando una variazione delle attività microbiche con conseguenti cambiamenti dei prodotti finali delle fermentazioni e perciò nei quantitativi di acidi grassi volatili (AGV) che si vengono formando e nei rapporti molarli tra di essi. Nel caso di animali all'ingrasso, si deve favorire la produzione di acido propionico a discapito degli altri; nelle vacche in lattazione, invece, bisogna spingere verso la produzione di acido acetico. I prodotti utilizzati sono carbonati, bicarbonati, sali di acidi grassi volatili, prodotti inerti (residui del cemento), sali fosfatici di sodio. Essi vengono aggiunti alla dieta quando si verifica un rapido cambiamento del tipo di alimentazione, quando si somministrano elevati quantitativi di concentrato ad elevato tenore energetico. Infine, si stanno mettendo a punto prodotti in grado di inibire la produzione di metano da parte della microflora ruminale; ciò perché la produzione di metano comporta una perdita del valore energetico della dieta di circa il 10%.

CAP. II. DIGESTIONE E ASSORBIMENTO DEI PRINCIPI NUTRITIVI

2.1 Generalità

Gli alimenti che compongono le diete delle varie specie animali sono costituiti da una mistura di principi nutritivi a struttura molecolare più o meno complessa e sono rappresentati da: proteine, lipidi, glucidi, vitamine, sali minerali, acqua che per la maggior parte non possono essere assorbiti come tali. La serie di processi meccanici, enzimatici, e microbiologici che determina la conversione dei principi nutritivi contenuti negli alimenti in piccole molecole diffusibili ed assimilabili, prende il nome di digestione.

Gli animali domestici, in base alle loro caratteristiche digestive, possono essere distinti in quattro categorie:

- a) Carnivori (cane e gatto) che presentano una digestione di tipo, esclusivamente, enzimatica e scarso o nullo è per loro il significato della digestione microbica;
- b) Erbivori poligastrici (bovini, ovini, caprini, camelidi) la cui dieta è costituita principalmente da foraggi più o meno grossolani, subisce nell'apparato prestomacale, un intenso processo di fermentazione microbica prima di sottostare all'azione degli enzimi digestivi, che inizia nell'abomaso e si continua nell'intestino tenue;
- c) Erbivori monogastrici (cavallo e coniglio), nei quali i processi fermentativi microbici sono di notevole entità, ma si realizzano nella parte posteriore del tratto digerente (cieco e colon), quando gli alimenti hanno già subito l'attacco enzimatico in sede gastrica ed enterica (intestino tenue);
- d) Onnivori (suini): pur potendo utilizzare una dieta simile a quella dell'erbivoro monogastrico o del carnivoro presentano una digestione prevalentemente enzimatica, anche se nel loro intestino crasso avvengono processi fermentativi microbici di una certa entità.

I carnivori sono gli animali con l'apparecchio digerente meno sviluppato e a minor capacità relativa; gli erbivori ruminanti, quelli con l'apparecchio digerente di maggior capacità, per lo sviluppo preminente del tratto iniziale (prestomaci), subito seguiti dagli erbivori monogastrici, nei quali lo sviluppo prevalente del canale alimentare è a carico del cieco e, soprattutto, del colon; in posizione intermedia troviamo gli onnivori.

Sviluppo relativo delle diverse porzioni del canale digerente

Specie	Stomaco %	intestino %		
		tenue	cieco	colon
Suini	29	33 (18)	8	30
Cane	63	23 (4)	2	12
Cavallo	9	21 (22)	16	54
Coniglio	15	12 (3,5)	23	50
Bovini	71	18 (46)	3	8

(), in parentesi lunghezza in metri

L'attività del tubo digerente è caratterizzata da fenomeni meccanici e secretori. Tutti questi processi sono coordinati da influenze nervose ed umorali, che assicurano un'ordinata sequenza alle diverse fasi della digestione, a partire dalla triturazione dell'alimento ad opera dei denti durante la masticazione, proseguendo, con il convogliamento del bolo nello stomaco attraverso l'esofago e con l'attività secretiva e motoria dello stomaco stesso; eventi tutti che portano alla formazione del chimo.

I successivi movimenti dell'ingesta lungo il canale alimentare ed il loro rimescolamento con i succhi pancreatici ed enterici dipendono poi dalla motilità dell'intestino tenue, che è anch'essa coordinata da un'attività nervosa intrinseca ed estrinseca, così come lo sono i movimenti della porzione terminale dell'intestino che portano all'evacuazione delle feci. Le ghiandole annesse all'apparato digerente sono controllate nella loro attività secretiva da influenze che sono:

- esclusivamente nervose, vedi ghiandole salivari situate all'inizio del tratto digerente;
- nervose ed umorali, come nel caso delle ghiandole gastriche;
- prevalentemente umorali, come si verifica per la secrezione pancreatica, biliare ed enterica. Gli ormoni del tratto digerente non sono secreti da ghiandole endocrine differenziate ma da cellule disperse nella mucosa gastrointestinale.

2.2 Ingestione degli alimenti

L'inizio della digestione è caratterizzato prevalentemente da eventi meccanici, consistenti nell'assunzione dell'alimento, nella sua masticazione e nella deglutizione del bolo.

L'ingestione degli alimenti avviene nel momento in cui l'animale ne sente il bisogno (appetito per gli alimenti solidi; sete per l'acqua). Quando i bisogni non sono soddisfatti in tempo più o meno breve si ha che l'appetito si trasforma in fame, mentre il bisogno di bere si fa più forte per l'abbassarsi del tenore normale di acqua nell'organismo, soprattutto nel sangue, e perché si ha una certa aridità della mucosa orale e della laringe, associata ad una notevole riduzione della secrezione salivare. Invece, quando i bisogni sono soddisfatti nell'animale si instaura un senso di sazietà che inibisce per un certo periodo l'eccitazione dell'appetito.

Nel diencefalo esiste un centro della sazietà e un centro dell'appetito che si influenzano reciprocamente, alternando periodicamente, l'ingestione e la sua interruzione.

Negli animali, l'appetito può essere talvolta una sicura guida verso un'alimentazione più appropriata. La scelta degli alimenti da parte degli animali è dettata dall'istinto: essi sono capaci di scegliere le sostanze nutritive di cui sono carenti o di rifiutare quelle che sono loro nocive, quando tali effetti si manifestano in tempi brevi. Importante è la voluminosità degli alimenti ingeriti che deve essere tale da dare all'animale il necessario senso di pienezza, apportando però all'organismo i principi alimentari di cui abbisognano.

La **prensione degli alimenti solidi** avviene in modo diverso a secondo della specie in funzione delle strutture utilizzate, che possono essere i denti, la lingua o le labbra. Nei carnivori si può osservare anche l'uso degli arti anteriori.

Il cavallo ha le labbra estremamente mobili e sensibili e le usa per prendere il foraggio dalla mangiatoia; mentre al pascolo, retrae le labbra e con i denti incisivi rade l'erba alla base che poi con la lingua conduce sotto le arcate molari; comportamento analogo si osserva nel cammello.

Il bovino utilizza la lingua rugosa e prensile con la quale afferra il fieno o la paglia e li porta direttamente sotto i molari mentre al pascolo, avvolge con la lingua il foraggio, lo porta fra gli incisivi inferiori e il cuscinetto dentale e, con un brusco movimento in avanti della testa, lo sega utilizzando il margine tagliente degli incisivi inferiori; in questi animali le labbra sono scarsamente mobili e non partecipano attivamente all'assunzione degli alimenti solidi.

Negli ovini e caprini, il labbro superiore è mobile e coadiuva notevolmente l'azione della lingua nell'assunzione dei foraggi, soprattutto quando gli animali sono al pascolo.

Il maiale, se al pascolo utilizza il grugno per scavare tuberi e radici dal terreno e, con il labbro inferiore appuntito li conduce nella cavità orale. Se in cattività, il maiale effettua l'assunzione del pastone semiliquido nello stesso modo in cui ingerisce le bevande.

I neonati prendono il latte mediante succhiamento del capezzolo serrato tra le labbra, esercitato con la protrazione della lingua e determinando una aspirazione attraverso il vuoto che è formato dalla porzione anteriore del cavo orale.

Per l'**assunzione dei liquidi**, i carnivori assumono le bevande utilizzando la porzione libera della lingua, estremamente mobile, che viene ripiegata a guisa di spatola, immersa nei liquidi e rapidamente retratta nella bocca.

Il maiale, invece, introduce le bevande nella cavità orale mediante un atto inspiratorio eseguito a bocca semiaperta. Gli altri animali domestici assumono le bevande attraverso un processo di suzione che attuano, dopo aver immerso la rima labiale semichiusa al disotto del livello del liquido, retraendo la lingua a guisa di stantuffo di una pompa; in questo modo, creano una pressione negativa nel cavo orale, con conseguente richiamo di liquido.

I principali fattori che influiscono sul livello volontario di ingestione sono: fattore animale, fattore ambiente e fattore alimento. Il fattore animale è dato dalla specie (il livello di ingestione è maggiore negli ovini e nei caprini rispetto ai bovini), dalla mole (il livello di ingestione varia con il peso metabolico), dal tipo di produzione (il livello di ingestione è massimo con la produzione del latte e minimo con le altre produzioni), dallo stadio produttivo (l'ingestione è minima prima e dopo il parto ed è massima nella parte intermedia della lattazione), dal livello produttivo. Il fattore ambiente è costituito dal clima (temperatura, umidità dell'aria, ventosità), dalle modalità costruttive della stalla, dalle modalità di gestione della stalla (cambiamenti di alimentazione, frequenza dei pasti, tipo di razione). Il fattore alimento è dato dalla qualità dei foraggi (contenuto in fibra, lignificazione della fibra, digeribilità dell'alimento, contenuto di unità foraggere per Kg di sostanza secca), dalla preparazione dei foraggi (i foraggi sono ingeriti in maggior misura se tagliati corti anziché lunghi), dal tipo di alimento (i foraggi verdi sono più appetiti rispetto a quelli secchi, così come le leguminose rispetto alle graminacee e il fieno rispetto al fieno-silo e all'erba-silo).

Nel comportamento alimentare si individuano tre fasi fondamentali: appetitiva o di ricerca, di prensione del cibo o atto consumatorio e di sazietà o di quiescenza. La fase appetitiva è caratterizzata dalla ricerca motivata del cibo, attività per la quale ogni animale fa uso delle funzioni sensoriali che ha più sviluppate: la vista, l'olfatto, il gusto, ecc. A questa fase succede quella di prensione dell'alimento che si realizza mediante schemi caratterizzati da forti differenze di specie. Lo stato di sazietà rappresenta l'ultima fase del comportamento alimentare: l'animale non risponde più allo stimolo scatenante (presenza del cibo) e cessa di manifestare i segni del comportamento appetitivo, iniziando una fase di quiescenza. La nutrizione ha un evidente significato omeostatico: quello di rifornire il materiale energetico e plastico di cui l'organismo necessita in relazione al suo stato fisiologico ed ai suoi consumi.

Fisiologicamente parlando, l'assunzione del cibo rappresenta la risposta esecutiva alla sensazione della fame che origina a livello di sistema nervoso centrale in seguito alla percezione di stimoli endogeni ed esogeni che segnalano all'organismo la necessità del ricarica per il mantenimento dell'omeostasi. A livello di ipotalamo esistono due nuclei molto importanti per il controllo di queste attività:

- a) un nucleo laterale che rappresenta il centro della fame;
- b) un nucleo medio-ventrale che rappresenta il centro della sazietà.

L'organizzazione del comportamento alimentare si basa principalmente sul monitoraggio da parte di alcuni recettori nervosi centrali e periferici di alcune costanti

ematiche indicative dei livelli delle sostanze energetiche presenti, dello stato dei depositi delle sostanze di riserva, dello stato di ripienezza dell'apparato gastroenterico e del flusso dei metaboliti assimilati. Negli animali superiori, il comportamento alimentare è influenzato anche da molti altri fattori endogeni ed esogeni, con meccanismi innati ed appresi, che coinvolgono tutti i sensi. L'attivazione del comportamento alimentare dipende:

a) soprattutto da un controllo glucostatico cioè dalla diminuzione dei livelli ematici di metaboliti energetici quali glucosio (soprattutto), glicerolo, acidi grassi volatili (soprattutto nei ruminanti) e corpi chetonici;

b) controllo termostatico: i centri della fame sono stimolati da un abbassamento della temperatura del sangue che irroria il cervello.

Nei ruminanti, il glucosio ha meno importanza sull'assunzione dell'alimento rispetto agli acidi grassi volatili (AGV), la cui concentrazione viene percepita dai recettori a livello ruminale ed epatico e tramite il vago influenza i centri ipotalamici. Durante la digestione si liberano ormoni gastroenterici, quali la colecistochinina, che a livello centrale determina sazietà. L'animale regola l'ingestione, mediante la consistenza e la frequenza dei pasti, ed è importante il fatto che esso cessa di nutrirsi prima che gli effetti assimilativi e metabolici del cibo possano farsi sentire.

Il pasto di solito ha fine con il riempimento dello stomaco, comunque, esiste anche un controllo gastrico che tiene conto del valore nutritivo del cibo ingerito. Importanti nella regolazione del comportamento alimentare sono i segnali provenienti dalle terminazioni gustative: la palatabilità di ogni alimento stimola l'ingestione del cibo e determina le preferenze alimentari.

In generale, in ogni individuo, una perdita di peso tende ad essere compensata da un aumento dell'ingestione mentre, un aumento di peso provoca una diminuzione dell'ingestione volontaria che tende a riportare il peso corporeo nelle condizioni precedenti. Il punto di aggiustamento dell'equilibrio dipende da fattori genetici connessi con i limiti della capacità di accumulo del tessuto adiposo, la quale può essere condizionata in senso positivo o negativo, rispettivamente da eccessi o deprivazioni alimentari avvenute durante lo sviluppo.

L'accrescimento, la gravidanza, la lattazione, gli stati di convalescenza sono condizioni che aumentano l'assunzione alimentare, in relazione alle maggiori necessità energetiche e plastiche. Durante i calori e immediatamente prima del parto, l'assunzione alimentare diminuisce forse a causa dell'elevata concentrazione di estrogeni mentre, durante la gravidanza le elevate concentrazioni di progesterone stimolano l'assunzione di cibo.

L'insulina, il GH, gli ormoni tiroidei, il paratormone, le endorfine, i tranquillanti, i barbiturici aumentano l'ingestione alimentare mediante meccanismi non chiari mentre, la colecistochinina, la calcitonina ed altri ormoni gastrici hanno azione deprimente.

La luce condiziona l'attività ingestiva negli animali ad abitudini diurne e ciò è sfruttato, ad esempio, per stimolare l'accrescimento nei polli ed in altri animali da carne.

Si parla di fame specifica quando un animale manifesta il bisogno di un determinato nutriente e si orienta, potendo scegliere, verso l'alimento che ne contiene. La ricerca spontanea del sodio, caratteristica negli erbivori, è presente in molti animali, compreso l'uomo e si accentua negli stati carenziali spontanei o indotti sperimentalmente.

Riguardo all'ingestione di alimenti dannosi, esistono meccanismi innati o appresi che provvedono alla difesa dall'assunzione di sostanze dannose e tossiche e dalla infestazione di parassiti. Molte piante tossiche sono amare o irritanti e quindi spesso vengono evitate e lo stesso avviene per i cibi contaminati da muffe, molto pericolose per la presenza di tossine. Però, quando il pascolo è insufficiente gli animali si alimentano anche con

specie tossiche: gli avvelenamenti da ferula, da acetosella, da veratro, da eliotropo, da felci avvengono generalmente solo quando il pascolo è scarso.

Le capre si alimentano con un numero di essenze molto maggiore rispetto ai bovini e agli ovini e sono protette dalla loro naturale capricciosità: spesso si vedono brucare piante sicuramente tossiche ma dopo poche boccate passano a nuove essenze e pertanto ne assumono in quantità non pericolose. Lo stesso avviene per le piante che causano timpanite infatti, le capre sono ghiotte di erba medica e di trifoglio ma difficilmente ne ingeriscono quantità tali da causare timpanismo.

Molti animali che si cibano di un alimento nuovo che provochi loro un malessere gastrointestinale rifiutano in seguito di cibarsene.

Nei confronti delle infestioni parassitarie il comportamento alimentare offre dei meccanismi di difesa; quasi tutti gli erbivori sono coprofobi ed evitano nei limiti del possibile di ingerire erbe contaminate con le feci sia proprie che di altre specie invece, i cavallini, gli agnelli e i capretti alle loro prime esperienze alimentari possono ingerire paglia contaminata e feci e ciò è causa di infestione di nematodi e coccidi. Gli ovini che pascolano radendo l'erba più vicino a terra rispetto ai bovini sono più suscettibili di infestarsi raccogliendo un maggior numero di uova e di embrioni di parassiti. Le capre, che brucano la cima delle erbe e i cespugli sono molto più difese, tranne nel periodo post-parto, quando le esigenze della lattazione le spingono a laute foraggiature nei pascoli più ricchi.

L'assunzione di acqua è regolata in modo distinta da quella degli alimenti solidi, anche se non è completamente indipendente. La regolazione dei liquidi corporei, di cui la sete e l'assunzione di acqua rappresentano il momento comportamentale, è devoluta ad un controllo neurovegetativo ed endocrino con l'ormone antidiuretico ed il sistema renina-angiotensina-aldosterone come principali agenti. L'angiotensina ha una potente azione dipsogena, fattore che coordina la regolazione endocrina con quella comportamentale. Dal punto di vista comportamentale, oltre ai segnali provenienti dal sangue, hanno importanza quelli provenienti dall'apparato digerente, riguardanti la concentrazione osmotica e lo stato fisico dell'alimento. La qualità dell'alimento, la sua secchezza o succosità, influisce notevolmente sull'assunzione di acqua e la secchezza delle fauci è uno stimolo molto importante. La temperatura ambiente influenza sensibilmente l'assunzione di acqua: l'evaporazione a livello cutaneo, respiratorio, buccale è il principale meccanismo di termoregolazione contro il caldo. L'allattamento richiede all'animale ingenti introduzioni di acqua. Gli erbivori, in condizioni normali si abbeverano due volte al giorno ma alcune razze di essi in zone aride possono abbeverarsi molto più raramente (una volta ogni 2-3 giorni). Animali affamati tendono a bere come attività dislocata, animali assetati tendono a non assumere cibi secchi e polverulenti.

Una volta avvenuta l'assunzione degli alimenti, il processo nutritivo comprende:

- a) la digestione, data dall'insieme dei processi che avvengono nei vari tratti dell'apparato digerente e che sono di natura chimica, fermentativa, enzimatica, ed anche biologica, con l'intervento della microflora, attraverso la scissione dei principi alimentari nei loro costituenti: separandone la porzione utilizzabile dallo stesso organismo dalle scorie che vengono evacuate;
- b) l'assorbimento, che è il fenomeno per cui i principi nutritivi liberatisi, durante la digestione, attraversano mucose e/o pareti del tratto digerente per entrare direttamente o attraverso determinati organi come il fegato, nel torrente sanguigno o linfatico;
- c) il metabolismo, quella serie di trasformazioni chimiche ed energetiche cui vanno incontro i principi nutritivi una volta in circolo; favorite dalle condizioni di temperatura, pressione e pH caratteristiche degli organismi, nonché dall'azione catalitica degli

enzimi e di quella regolatrice degli ormoni, oltreché di altri composti ad azione bioregolatrice quali le vitamine e vari ioni di elementi minerali. Questi processi complessi e quelli biochimici che avvengono sempre a livello dei tessuti e organi vari sono definiti metabolismo e soddisfano le esigenze energetiche delle singole cellule e dell'intero organismo.

2.3 Digestione nei monogastrici

Il bolo alimentare una volta arrivato nel primo tratto dello stomaco si trova in un mezzo alcalino per la presenza preponderante della saliva e quindi le amilasi salivari possono continuare a demolire l'amido fino a quando l'acidità non le blocca. Successivamente il bolo passa nella frazione gastrica, per la presenza di enzimi gastrici (pepsina, chimosina, lipasi) e dell'acido cloridrico. Il bolo nello stomaco entra per mezzo del *cardias* e si dispone in strati distinti. Il primo bolo viene spinto alla periferia, verso la grande curvatura; i boli successivi si stratificano secondo sfere concentriche, fino a che l'ultimo bolo inghiottito rimane nelle immediate vicinanze del *cardias*. Si nota, quindi, una fase di riposo di circa un'ora durante la quale la stratificazione rimane quasi immutata: lo strato più esterno del cibo viene ad essere imbevuto dagli enzimi digestivi e dall'HCl del succo gastrico, mentre all'interno della massa gastrica del cibo può continuare, fino a quando il pH non raggiunge valori bassi, la digestione amilasica salivare.

2.3.1 Attività secretoria dello stomaco

La secrezione gastrica è data da tre tipi cellulari, posti in zone diverse e aventi diverse secrezioni:

- a) cellule principali o peptiche: secernono proteine ed enzimi digestivi;
- b) cellule parietali od ossintiche con secrezione acida;
- c) cellule mucipare: secernono mucine protettive (glicoproteine).

Mentre le cellule principali e parietali si trovano nel fondo e nel corpo dello stomaco quelle mucipare si trovano nella porzione antrale.

La secrezione gastrica ha un pH inferiore a 1 e contiene:

- a) HCl, pepsina e quantità trascurabili di lipasi;
- b) mucine: hanno azione lubrificante e protettiva della mucosi gastrica nei confronti della autodigestione;
- c) acqua e piccole quantità di elettroliti (cloruri, bicarbonati di sodio);
- d) fattore intrinseco di Castle, detto anche fattore antianemico e necessario per l'assorbimento della vitamina B₁₂

La produzione di HCl dalle cellule parietali si ha in risposta a determinati stimoli, inizia quando l'animale decide di ingerire cibo (intervento cefalico) e aumenta gradualmente con la masticazione (intervento oro-faringeo) e la presenza di alimento nello stomaco (intervento gastrico). Lo stomaco a riposo non secerne HCl ma sali cloruri. L'acidità del succo gastrico varia in funzione della concentrazione di HCl secreto dalle ghiandole parietali nell'unità di tempo. Quando il ritmo della secrezione parietale è lento si ha una forte diluizione dell'acidità da parte delle secrezioni non parietali ed il pH si alza. La secrezione di HCl assume valori intorno a 160 mEq/l e ciò indica che il pH è inferiore a 1 e visto che il pH cellulare ha valori intorno a 7 se ne deduce che esiste un gradiente di concentrazione per gli ioni H⁺, diretto verso l'interno della cellula.

L'HCl ha azione batteriostatica, denatura le proteine e le rende strutturalmente più idonee all'attacco degli enzimi proteolitici; attiva il pepsinogeno presente nel succo gastrico trasformandolo in pepsina e crea le condizioni di pH (1-2,5) ottimali per

l'azione di questo enzima. Nella frazione gastrica il bolo è soggetto all'azione proteolitica e viene trasformato in un impasto detto chimo.

2.3.2. Secrezioni enzimatiche dello stomaco

Comprendono: 1) **pepsina**: è secreta come pepsinogeno dalle cellule principali; l'attivazione del pepsinogeno in pepsina è dovuta all'ambiente acido ($\text{pH} = 2$) creato dall' H^+ che permette il distacco di un frammento peptidico che funge da tappo sul sito attivo dell'enzima. L'azione della pepsina è migliorata dalla denaturazione proteica ma l'effetto finale è quello di una leggera idrolisi con frammenti polipeptidici;

2) **rennina**: è un enzima simile alla pepsina, la sua funzione è quella di far precipitare la caseina del latte e renderla insolubile, sotto forma di paracaseinato di Ca^{++} (caglio). La precipitazione della caseina permette che il latte rimanga più a lungo nello stomaco e quindi aumentarne la digestione. Si trova nei lattanti e negli animali giovani.

3) **fattore intrinseco di Castle**: è una proteina che presenta una notevole resistenza all'idrolisi peptica, ha il compito specifico di legare la vitamina B_{12} e di proteggerla dall'ambiente gastrico (acido). È secreta dalle cellule secernenti Cl^- , così un aumento della secrezione di Cl^- ne indica anche uno di quello del fattore intrinseco;

4) **mucine**: non si tratta propriamente di enzimi, ma di glicoproteine che hanno il compito di proteggere la mucosa gastrica dall'autodigestione e lubrificare il chimo.

Lo stimolo alla secrezione si ottiene grazie a tre tipi diversi di interventi:

1) intervento cefalico: è dato da stimoli di vario tipo (gusto, olfatto, visione, udito) che provocano meccanismi riflessi, più o meno condizionati, di secrezione gastrica, nota come succo gastrico dell'appetito;

2) intervento gastrico: l'alimento svolge una certa azione sul canale alimentare di tipo meccanico e chimico. L'entrata del bolo nello stomaco va a stimolare la porzione pilorica dello stomaco, che non secreta HCl .

3) intervento duodenale: inizia quando il chimo acido gastrico entra nel duodeno, per mezzo dello sfintere pilorico, e la parete duodenale è distesa.

2.3.4. Secrezioni presenti nell'intestino tenue

Nel tenue vi sono ghiandole parietali ed extraparietali che riversano il loro secreto nel lume:

- a) ghiandole del Brunner (parietali)
- b) porzione esocrina del pancreas
- c) fegato.

Il pancreas è una ghiandola extraparietale, composta da una porzione esocrina ed una endocrina. La porzione esocrina ha la struttura tipica delle ghiandole acinose, le cui unità secernenti hanno la forma di acini, con un dotto escretore che raccoglie il secreto, rivestito da cellule centroacinose. I due tipi cellulari hanno diverse secrezioni:

a) cellule degli acini: secrezione di enzimi digestivi;

b) cellule centro-acinose: secrezione di sali che servono al tamponamento dell'acidità del chimo e alla protezione della mucosa intestinale. Si tratta essenzialmente di bicarbonati che alzano il pH a valori di 7-8, ottimali per gli enzimi pancreatici. La somma di tali secrezioni fornisce un succo pancreatico, composto da enzimi digestivi ed elettroliti. Il pancreas esocrino, se a riposo, produce soprattutto cloruri di Na^+ e K^+ , mentre sotto stimolazione aumenta la produzione di bicarbonati, in modo che la somma delle concentrazioni di HCO_3^- e Cl^- è costante. A qualunque ritmo secretorio il succo pancreatico è isotonico rispetto al plasma. Il tampone bicarbonato, riversato nel duodeno, tampona l'acidità del chimo e la porta a valori di neutralità o addirittura di

basicità: ne segue l'annullamento dell'attività della pepsina, che è attiva al 100% ad un pH di circa 2. In compenso è favorita l'azione degli enzimi digestivi presenti nel lume intestinale, che operano bene ad un valore di pH intorno a 7.

Gli enzimi pancreatici costituiscono circa il 95% della componente proteica del secreto, e sono in grado di demolire tutti i principi alimentari nei costituenti più semplici, permettendo una digestione quasi completa. Fra essi ricordiamo:

1) **α -amilasi pancreatica**: è simile alla ptialina; agisce sull'amido e i polisaccaridi con legami 1- α -4 glucosidici, fino alle ramificazioni 1- α -6. Il pH ottimale di funzionamento è intorno a 6,9 e la sua attività cessa con pH al di sotto di 4,5. La sua attività è maggiore nei monogastrici, mentre nei ruminanti è un enzima scarsamente importante visto che i carboidrati sono attaccati dalla flora ruminale. Esso è resistente all'idrolisi proteica in quanto la sua struttura è resa stabile dalla presenza di ioni Ca^{++} .

2) **lipasi pancreatiche**: si tratta di enzimi che lavorano sui grassi neutri (soprattutto trigliceridi) idrolizzando i legami esterici sugli atomi di C 1 e 3 del glicerolo, in una reazione reversibile. Giunge nell'intestino in una forma già attivata e non è presente nel secreto pancreatico dei ruminanti. I prodotti di degradazione della lipasi sono glicerolo, acidi grassi e monogliceridi. Anche le lipasi sono resistenti all'idrolisi proteica per la presenza di Ca^{++} nella struttura. L'attività delle lipasi sui grassi è coadiuvata dalla presenza di aminoacidi, ioni Ca^{++} e, soprattutto, sali biliari. Tali sostanze funzionano da agenti emulsionanti sulle micelle di grassi, srotolandole nell'ambiente acquoso e aumentando la *interfacies* oleosa/idrica; ciò permette un miglior attacco dei grassi da parte delle lipasi. Gli ioni Ca^{++} fungono da saponificatori, portando in soluzione gli acidi grassi. Se si ha ipocalcemia, ciò può essere dovuta ad alterazione del pancreas.

3) **proteasi pancreatiche**: per evitare l'autodigestione gli enzimi proteolitici, sono secreti in forma inattiva e attivati una volta giunti in loco. Fra essi ricordiamo:

a) tripsinogeno: è la forma inattiva della tripsina, endopeptidasi che agisce su un legame peptidico, il cui carbossile sia fornito da una lisina o un'arginina (aminoacidi basici). L'attivazione dell'enzima avviene nel lume intestinale per opera dell'enterochinasi, glicoproteina che stacca un frammento dalla molecola di tripsinogeno, rendendolo attivo come tripsina. Una volta attiva, si ha un processo autocatalitico per cui la tripsina è in grado di attivare altro tripsinogeno e anche altri enzimi proteolitici;

b) chimotripsinogeno: è una endopeptidasi che agisce meglio ad un pH 8, scindendo i legami carbossilici dove vi sono aminoacidi aromatici impegnati;

c) procarbossipeptidasi (A e B): si tratta di enzimi che staccano gli aminoacidi delle catene proteiche partendo dal gruppo terminale $-\text{COOH}$. Il tipo A stacca tutti gli aminoacidi, ad eccezione di lisina, arginina, ossiprolina che invece sono staccati dal tipo B;

d) proelastasi e procollagenasi: sono proteasi adatte alla scissione del collagene e dell'elastina, particolari proteine ricche in prolina, tipiche del tessuto connettivo.

4) **nucleasi (RNA - asi e DNA - asi)** sono enzimi che scindono i nucleotidi e gli acidi nucleici, che agiscono sul contenuto dei nuclei cellulari, precedentemente disgregati dall'azione di proteasi e lipasi;

5) **colesterolo - esterasi**: è una esterasi che rompe il legame fra il colesterolo ed un altro composto, in genere un acido grasso.

6) **fosfolipasi**: si tratta di enzimi che agiscono sui fosfolipidi, esistenti in almeno quattro tipi diversi (A, B, C, D) che staccano le molecole in punti diversi.

Le **ghiandole duodenali del Brunner**, si trovano solo nella porzione caudale del tenue; la loro secrezione aumenta in proporzione all'ingestione di cibo. Nella prima porzione del duodeno, il numero di tali ghiandole è maggiore e la loro secrezione si presenta più viscosa e più ricca di ioni bicarbonato di quella del restante duodeno. La

funzione del secreto di tali ghiandole forse è quella di proteggere la mucosa duodenale dall'acidità del chimo, neutralizzandola con il tampone bicarbonato.

Secrezioni del fegato: la bile è prodotta dagli epatociti e riversata nei dotti biliferi del fegato per esserne espulsa. Essa ha sia azione emulsionante nei confronti dei grassi alimentari, sia azione di escrezione di alcune sostanze provenienti dal catabolismo delle emoproteine. La bile prodotta può essere immagazzinata gradualmente nella cistifellea per essere poi espulsa al momento del bisogno. Negli animali privi di colecisti, quale il cavallo, essa è escreta direttamente nel duodeno come un flusso continuo durante la giornata. La bile è composta per il 97% da una porzione elettrolitica (HCO_3^- , Na^+ , K^+ , Cl^-) e per il 3% da una porzione non elettrolitica (sali biliari, pigmenti biliari, fosfolipidi). I sali biliari sono il prodotto terminale principale e la principale forma di escrezione del colesterolo e costituiscono la metà della porzione non elettrolitica. Sono dati da numerosi acidi biliari (acido colico, desossicolico, chenodesossicolico, iocolico, litocolico). Gli acidi colico e chenodesossicolico sono detti sali biliari primari perché sintetizzati nel fegato in questa forma; gli altri acidi si trovano solo nelle feci e sono detti sali secondari. I sali biliari svolgono un'azione detergente per le loro proprietà tensioattive: abbassano la tensione superficiale dei grassi e delle sostanze idrofobe in ambiente acquoso, disponendosi attorno alle micelle in modo tale da renderle solubili e permettono l'attacco da parte delle lipasi pancreatiche. In condizioni normali, solo il 10% dei sali biliari è espulso con le feci: il resto è assorbito attivamente da parte della mucosa dell'ileo, è immesso nel circolo ematico portale e raggiunge di nuovo il fegato. Questo ciclo di assorbimento ed escrezione è detto entero-epatico. E' un meccanismo che permette il risparmio di energia da parte dell'organismo in quanto la produzione di sali biliari è abbastanza lenta. I sali biliari subiscono due processi:

- a) accumulo, per essere escreti (cistifellea);
- b) recupero, perché siano disponibili in quantità sufficiente per il pasto successivo.

Esiste un meccanismo di feed-back positivo basato sull'equilibrio ematico ed epatico del colesterolo: quando il colesterolo è elevato, il fegato è stimolato ad assorbirlo e a trasformarlo in sali biliari. La presenza dei grassi nell'intestino stimola la produzione dell'ormone colecistochinina, che agisce sulla muscolatura della cistifellea e la spinge a contrarsi e ad espellere la bile per mezzo di uno sfintere duodenale, collegata ad esso per mezzo del dotto coledoco. Una ostruzione delle vie biliari (calcolosi) porta ad accumulo eccessivo dei sali biliari e della bile in genere; ciò comporta un blocco della sintesi dei sali biliari e un aumento del pool del colesterolo, che si manifesta con aumento della colesterolemia.

Gli acidi biliari al livello digestivo sono importanti perché:

- a) promuovono la digestione e l'assorbimento dei lipidi alimentari e delle vitamine liposolubili;
- b) stimolano le secrezioni enteriche e pancreatiche;
- c) neutralizzano l'acidità del chimo gastrico;
- d) normalizzano la flora batterica intestinale quale substrato per reazioni biochimiche.

2.3.5. Succhi enterici

Sono dati dall'insieme dei prodotti della mucosa intestinale. La reazione è nel complesso, di piccola entità e risulta isotonica rispetto al plasma. Oltre a sali ed elettroliti il secreto contiene mucine e due proteine enzimatiche, un'amilasi e l'enterochinasi, quest'ultima deputata all'attivazione del tripsinogeno. Nel succo enterico si trovano anche altri enzimi associati a cellule di sfaldamento della mucosa. Si

tratta di enzimi solitamente associati alla superficie dei microvilli intestinali, aventi il compito di completare la digestione e forse di *carriers* specifici attraverso la mucosa. Tali enzimi sono: lattasi, saccarasi, maltasi e isomaltasi, cellobiasi, colesterolo-esterasi, fosfatasi alcalina, ATP-asi, aminopeptidasi. La lattasi ha una induzione inversa rispetto agli altri enzimi che demoliscono i glucidi; essa è presente in gran quantità nell'intestino del neonato e scompare gradualmente con lo svezzamento. Ciò comporta la perdita della capacità di digerire il lattosio e quindi il latte. Nell'adulto, il lattosio è assorbito in minima parte per poi essere espulso con le urine. La parte che non è assorbita, più cospicua, rimane nel lume intestinale dove richiama acqua per fenomeni osmotici. Il lattosio è degradato dalla flora batterica Lac^+ e utilizzato per la sintesi di acidi grassi, che hanno azione tossica e aumentano la peristalsi intestinale. Invece di avere riassorbimento dell'acqua, si osserva una aumentata secrezione: si ha il fenomeno della diarrea. Il ritorno all'allattamento può portare a gravi enteriti per la mancanza di lattasi. La diarrea cronica comporta una grossa perdita di succo intestinale che provoca un'acidificazione dell'ambiente intestinale (acidosi) per la perdita dei sali e dei bicarbonati. Inoltre, sono sottratti dall'organismo elettroliti preziosi, quali il K^+ e una grossa quantità di acqua, con il rischio di disidratazione e depauperamento delle riserve saline. Gli enzimi saccarasi, maltasi e isomaltasi mancano nel suino e nel vitello neonato, ma la loro sintesi è indotta nel passaggio graduale dall'alimentazione lattea a quell'adulto.

Durante la chimificazione, le due valvole d'entrata e di uscita dello stomaco (cardia e piloro) sono chiuse, la muscolatura si contrae e si ha la mescolazione del chimo; successivamente le contrazioni favoriscono il passaggio del chimo verso l'intestino. La digestione intestinale provvede all'ulteriore trasformazione di quanto nel chimo è sfuggito ai succhi gastrici (proteine parzialmente digerite, carboidrati intaccati solo in parte, lipidi praticamente immoificati). Ciò è possibile grazie ai continui movimenti di mescolamento e di trasporto alla frazione di enzimi che si trovano nell'intestino tenue e forniti dal pancreas (succo pancreatico) e dalle ghiandole della mucosa intestinale (succo enterico) nonché dalla bile del fegato. Il succo pancreatico è costituito da un complesso di enzimi proteolitici (tripsina, chemiotripsina e carbossipeptidasi) che attaccano le molecole proteiche scindendole in polipeptidi sempre più semplici, fino alla liberazione di aminoacidi che avverrà per l'intervento di peptidasi presenti nel succo enterico.

Inoltre, nel succo pancreatico è contenuta la lipasi pancreatica che trasforma i grassi (trigliceridi \rightarrow digliceridi, monogliceridi e glicerolo + acidi grassi liberi).

Il succo enterico, prodotto dal disfacimento delle cellule epiteliali della mucosa del digiuno e dell'ileo, contiene enzimi proteolitici (complesso ereptico) che completano la digestione delle proteine fino ad aminoacidi; un enzima lipolitico (lipasi enterica) che trasforma il tripsinogeno in tripsina, le glucosidasi (maltasi, saccarasi, lattasi) che scindono i disaccaridi (maltosio, lattosio, saccarosio) in monosi e le nucleotidasi e nucleosidasi enteriche che scindono gli acidi nucleici in basi azotate, acido fosforico e pentosi.

La bile del fegato, con i suoi acidi e pigmenti biliari, il colesterolo ed alcuni acidi grassi rende i grassi atti a subire l'ulteriore e fondamentale azione digerente dei succhi pancreatici.

Nel cieco e nel colon dei monogastrici esiste una flora microbica che è in grado di intaccare parte della cellulosa degli alimenti ed anche certe strutture azotate di natura non proteica.

L'impasto che si forma sotto l'azione dei succhi digerenti e dei movimenti dell'apparato intestinale prende il nome di chilo ed i principi nutritivi in esso contenuti sono

assimilabili, mentre le sostanze sfuggite alla digestione e le scorie sono destinate ad essere evacuate.

2.3.6. Particolarità nei conigli

La digestione dei conigli è caratterizzata dalla ciecotrofia. L'attività del cieco nel coniglio è da paragonare al ruminante con la differenza che mentre nei ruminanti s'instaura un ciclo alimentare interno (ruminante → reticolo → omaso → abomaso) nel coniglio il ciclo comprende una fase esterna (cieco → ano → bocca → stomaco → ileo), inoltre, mentre nei ruminanti la flora microbica agisce sull'alimento appena ingerito, quella ciecale agisce sui residui alimentari che hanno subito l'azione dei succhi digerenti.

Nel coniglio, il chilo a livello di ileo entrando nel cieco diviene in parte feci e si dirige verso il colon per essere evacuato ed in parte si dirige verso la parte appendicolare dello stesso cieco, dove sosta più o meno a lungo ed è sottoposto all'azione degli enzimi cellulolitici, che idrolizzano parzialmente la cellulosa, con formazione di acidi grassi volatili (AGV) i quali, attraverso la mucosa, passano nel sangue della vena mesenterica anteriore. Con la digestione enzimatica e microbica, detta ciecotrofia, si ha la formazione del ciecotrofo che è rappresentato da pallottole fecali soffici e morbide (ciecotrofo), avvolte in una pellicola di muco.

Il ciecotrofo (ricco in vitamine, proteine, aminoacidi) ha un preciso significato nutrizionale dato che il suo contenuto, soprattutto, in aminoacidi varia notevolmente in rapporto a quello della razione ed è tanto più alto quanto più essa è povera e diversi aminoacidi (lisina, metionina, leucina, alanina, valina, ecc.) sono costantemente molto più rappresentati nel ciecotrofo che non nell'alimento. Per questo, il coniglio preleva con la bocca i ciecotrofi dall'ano, in genere ogni 24 ore, e li riutilizza durante un secondo ciclo alimentare. Così, il coniglio rispetto agli altri monogastrici, utilizza meglio la fibra grezza, aumenta la digeribilità degli alimenti, ricicla l'acqua ed ottiene la copertura del 30% del proprio fabbisogno energetico e del 20% del proprio fabbisogno proteico.

2.3.8. Particolarità nei volatili

Gli uccelli prendono l'alimento con il becco. La bocca non ha funzione masticatoria in quanto mancano i denti e la saliva è minima e serve solo per favorire la deglutizione. Attraverso l'esofago, l'alimento è spinto, con movimenti volontari, in una dilatazione dello stesso esofago che costituisce un punto di sosta dell'alimento da 2 a 24 ore. Nei colombi, il gozzo serve solo alla produzione del cosiddetto latte del gozzo (latte che non ha niente a che vedere con quello dei mammiferi) che è secreto da entrambi i genitori e serve per l'alimentazione dei piccoli nella prima settimana di vita.

Nel gozzo si ha un rimescolamento ed una prima macerazione favorita dal secreto delle ghiandole mucipare del gozzo e dall'acqua di abbeverata. Successivamente, il cibo passa nel proventricolo o stomaco ghiandolare contenente HCl ed enzimi quali la pepsina che attacca la proteina. L'alimento ricco di succo gastrico passa nel ventriglio o stomaco muscolare, il quale ha una potente muscolatura e lamine di triturazione che insieme ai sassolini e la sabbia, ingeriti volontariamente dall'animale, sminuzzano finemente il cibo il quale si trova anche sotto l'azione chimica ed enzimatica (soprattutto peptica) dei succhi gastrici. Con il passaggio nel duodeno si ha l'attacco dei succhi digestivi (pancreatici, enterici, epatici). Il chilo, infine, passa nei ciechi, dove sosta 3-4 giorni, e si ha una parziale digestione della cellulosa e la sintesi di vitamine del gruppo B.

2.3.9. Digestione nei lattanti dei poligastrici

I poligastrici lattanti si comportano come i monogastrici fino a quando i prestomaci non diventano funzionali. In questi animali, i processi digestivi del latte sono devoluti all'abomaso i cui succhi sono provvisti di enzimi amilolitici e proteolitici, cui si aggiungono quelli del succo pancreatico ed enterico oltre le, rispettive, lipasi pancreatiche ed enteriche. L'abomaso digerisce quindi le proteine, i grassi ed il lattosio del latte. Il latte, dalla suzione, direttamente è deglutito ed avviato all'abomaso attraverso la doccia esofagea. Nei succhi dell'apparato gastrointestinale, l'enzima più importante per la digestione del latte, e precisamente della sua frazione proteica, è il caglio o presame o chimosina. Altro enzima è la lipasi gastrica che avvia la digestione dei globuli di grasso.

2.3.10 Digestione nei poligastrici

Va sottolineato che, i poligastrici oltre che avere la capacità di digerire le sostanze alimentari in modo analogo ai monogastrici, hanno la possibilità, a mezzo dei microrganismi del rumine, di fermentare i carboidrati e la cellulosa utilizzandone i prodotti quale fonte di energia, di sintetizzare quasi tutte le vitamine (soprattutto quelle del gruppo B) e di trasformare sostanze azotate semplici quali l'urea in proteine batteriche.

Nei ruminanti, all'esofago fa seguito un complesso gastrico costituito da quattro cavità di cui tre (rumine, reticolo e omaso) munite di mucose aghiandolari sono dette prestomaci ed una con mucosa provvista di ghiandole che è il vero stomaco, o "stomaco ghiandolare", l'abomaso.

RUMINE	
Funzioni	Stoccaggio alimenti Parziale degradazione Assorbimento AGV
Ambiente	H₂O = 85-90% Temperatura = 39-40 °C pH = 5,5 – 7,0: < zuccheri più fermentescibili (farina, melassa) (produzione ac. Lattico più veloce) > idrati di carbonio meno fermentescibili (cellulosa) Bolla gastrica: <u>Funzione</u> : mantenere le condizioni di anaerobiosi <u>Composizione:</u> CO ₂ = 60 - 70%, CH ₄ = 30 – 40 % H ₂ = piccole quantità N ₂ = tracce

Il rumine svolge la funzione di stoccaggio e parziale demolizione degli alimenti, che in questa sede subiscono una prima e profonda trasformazione, indispensabile per la loro utilizzazione. L'alimento trasformato passa all'omaso solo quando, per l'azione meccanica della masticazione e per l'attività microbica, raggiunge dimensioni inferiori a 0,6 cm circa (ciò anche in funzione delle dimensioni dell'animale). Alcuni composti (il 70-80% degli acidi grassi volatili) passano, invece, nel sangue direttamente dal rumine, grazie alle papille, estroflessioni di 6-10 mm, presenti sulla parete dello stesso.

Il reticolo contribuisce a selezionare il materiale che dal rumine passa all'omaso. La sua parete, infatti, presenta sottili creste che formano delle cellette esagonali simili a una rete (da qui il nome di reticolo) che trattengono le parti grossolane, mentre quelli sufficientemente fini passano all'omaso. Il materiale trattenuto dalle cellette torna al rumine ed è rimasticato. Il reticolo ha anche il compito di coordinare i movimenti del rumine che permettono il rimescolamento del materiale in esso contenuto, il ritorno in bocca dello stesso e l'eruttazione. Il funzionamento di questi prestomaci è strettamente collegato, al punto che si parla di "sistema rumine-reticolo". Le contrazioni del reticolo possono determinare l'attraversamento della parete da parte di corpi estranei, accidentalmente ingeriti, e considerando che il reticolo si trova in prossimità del cuore essi possono determinare pericarditi traumatiche e/o compromissione della motilità prestomacale e della ruminazione; questa sindrome, detta anche "fil di ferro, può essere prevenuta mediante immissione nel rumine-reticolo di speciali calamite.

L'omaso noto come centopelli o libro, ha funzioni di filtro tra rumine e abomaso per impedire l'ingresso di materiale ancora grossolano. Nell'omaso è assorbita una grossa quantità di acqua, al fine di consentire l'azione ottimale dei succhi gastrici a livello dell'abomaso. In questa sede sono assorbiti anche gli acidi grassi volatili sfuggiti all'assorbimento ruminale. Se dall'omaso passano all'abomaso acidi grassi volatili in quantità superiori alla norma, sembra che s'instaurino condizioni che predispongono alla sua dislocazione. Ciò comporta un ridotto o impedito flusso di materiale con gravi conseguenze per lo stato di salute. L'abomaso è la sede in cui hanno inizio le secrezioni gastriche vere e proprie e dove il materiale è preparato alla successiva azione dell'intestino. Il processo della digestione nei ruminanti è strettamente legato a precisi movimenti dei prestomaci i quali consentono: il continuo rimescolamento del materiale ruminale, l'espulsione delle rilevanti quantità di gas prodotti nel rumine, il ritorno in bocca dell'alimento durante la ruminazione, il passaggio delle parti fini all'omaso. Il rallentamento dell'attività motoria dei prestomaci si ripercuote sempre negativamente sullo stato di salute dell'animale; peraltro, quando l'animale è "indisposto" per altre ragioni, i movimenti dei prestomaci rallentano fino ad annullarsi (l'animale non ruminava). Il rimescolamento del materiale ruminale, a diverso livello di degradazione, è indispensabile sia per migliorare l'azione dei microrganismi ruminali, sia per consentire il deflusso della fase liquida e delle parti fini all'omaso, passaggio che avviene in concomitanza dei movimenti di rimescolamento. Il rimescolamento avviene 1,8-2,2 volte al minuto e la sua frequenza è maggiore con i cibi grossolani. Se la razione è povera di alimenti grossolani (fibra lunga), l'acqua e le particelle fini sostano di più nel rumine, con conseguente formazione di una poltiglia che intasa le papille riducendo così il passaggio di sostanze nel sangue attraverso la parete del rumine. Sull'efficacia del rimescolamento influisce anche la robustezza della parete ruminale, la quale s'irrobustisce prima e in misura maggiore in animali che fin dallo svezzamento ricevono adeguate quantità di fibra lunga (foraggi). Il ritorno in bocca delle parti grossolane (ruminazione) ha lo scopo di permettere una nuova masticazione e un'ulteriore insalivazione. Lo stimolo alla ruminazione aumenta in presenza di parti grossolane e, quindi, maggiore è la quota fibrosa maggiore sarà la produzione di saliva. Quest'ultimo fatto è molto importante in quanto la saliva ha funzioni insostituibili, quali: impedire l'eccessivo abbassamento del pH ruminale, stimolare l'attività dei microrganismi, avere azione antischiama e quindi evitare il meteorismo. L'espulsione dei gas, o eruttazione, è necessaria per eliminare i gas che normalmente si formano in quantità rilevante durante le fermentazioni batteriche (circa 600 litri/giorno). Se i gas non sono espulsi si ha meteorismo: il rumine gonfio provoca, tra l'altro, una compressione dei polmoni, con conseguente riduzione della capacità respiratoria, che può portare a soffocamento.

Le caratteristiche fisico-chimiche del rumine dipendono dalla fisiologia delle cavità prestomacali dei ruminanti e dalle attività metaboliche delle numerose specie monocellulari che vi risiedono. Esse sono influenzate dall'apporto intermittente di alimento e di acqua con l'ingestione di cibo, dall'eliminazione continua dei prodotti del metabolismo fermentativo per assorbimento epiteliale nel rumine e nel reticolo, dall'eruttazione di metano e di anidride carbonica e dal passaggio nel duodeno del bolo ruminale, costituito da residui alimentari non digeriti, microrganismi e fase liquida ruminale. La percentuale di acqua nel rumine si aggira intorno all'85-90%; la temperatura è mantenuta relativamente costante intorno ai 39-40 °C. Il rumine ha un potenziale ossido-riduttivo compreso tra 250 e 400 mVolt ed è in equilibrio con un'atmosfera gassosa (bolla gastrica), la cui composizione è relativamente costante: 60-70% di CO₂, 30-40% di metano, piccole quantità di H₂ e tracce di azoto ed ossigeno che provengono dall'aria ingerita con gli alimenti. La composizione gassosa della bolla gastrica è tale da garantire condizioni di anaerobiosi. Il pH ruminale è compreso tra 5,5 e 7,0 e varia in funzione del tipo di alimento. Con alimenti ricchi di farine (amido) o di zuccheri rapidamente fermentescibili (melassa), la velocità dei processi fermentativi, ed in particolare di quelli che si concludono con la produzione di acido lattico, è tale da superare la capacità dell'organismo animale di contrastare l'accumulo nel rumine di sostanze acide, attraverso il loro assorbimento o l'immissione di basi nel sistema e quindi dopo il pasto si verifica una rapida ed intensa riduzione del pH. Con alimenti ricchi di cellulosa, le cui molecole non sono immediatamente disponibili per i processi di fermentazione ossidativa, il pH ruminale nel periodo interprandiale tende ad assumere valori più elevati. In ogni caso, l'apporto continuo di saliva, nel corso del processo di ruminazione, si oppone a variazioni eccessive del pH, grazie all'apporto costante di bicarbonati e fosfati. La produzione di saliva varia in funzione della presentazione fisica dell'alimento ed influenza significativamente il volume del liquido ruminale, dal momento che un bovino, ad esempio, può produrre fino a 200 litri di saliva al giorno.

Nei ruminanti adulti, il rumine non solo rappresenta la cavità stomacale di maggiore volume ma è quella che assieme al reticolo costituisce la stazione di sosta degli alimenti sommariamente masticati e deglutiti: un vero e proprio tino di fermentazione nel quale si realizzano fenomeni meccanici e microbiologici. Sempre nei ruminanti adulti, la terza cavità, l'omaso o centopelli, oltre che assorbire i principi nutritivi liberatisi durante la prima fase digestiva esercita un'azione abrasiva sui restanti residui alimentari e di filtro e di regolatore del deflusso delle sostanze che passano all'abomaso, che è uno stomaco ghiandolare con funzioni analoghe a quelle dei monogastrici.

2.3.11. Digestione microbica ruminale

I ruminanti possono utilizzare la cellulosa, contenuta in quantità più o meno rilevante nei foraggi, attraverso l'intervento della flora batterica, della fauna protozoaria e dei funghi che vivono nel rumine. La colonizzazione del rumine da parte dei microrganismi avviene già durante i primi giorni di vita, quando la madre lambisce il figlio e quando il figlio lambisce la saliva della madre, unita al liquido ruminale rigurgitato durante la ruminazione. La popolazione cellulare ruminale si completa quando il giovane animale inghiotte foraggio parzialmente masticato da un animale adulto.

I microrganismi ingeriti attraverso l'alimento sono sia aerobi sia anaerobi ma solo questi ultimi, se dotati di un metabolismo compatibile con quello ruminale, resteranno vitali all'interno del rumine dell'animale e vanno a completare la

popolazione cellulare. In generale, sia i batteri aerobi sia gli anaerobi facoltativi e gli sporigeni sono meno rappresentati nell'animale adulto che nel giovane.

I **batteri** ($8 \times 10^9 - 4 \times 10^{10}$ cellule /ml nel rumine dell'adulto) si trovano liberi nella fase liquida ruminale, adesi alle pareti del rumine e alle particelle del digesto o a protozoi. La loro densità varia continuamente in ragione di vari fattori.

La disponibilità nella razione di monosaccaridi (melassa) od olosaccaridi (concentrati), favorisce i batteri altamente fermentativi quali i lattobacilli che producono acido lattico. Razioni contenenti polisaccaridi complessi (cereali, foraggi) inducono un maggior sviluppo dei batteri degradativi ai quali seguono o si accompagnano quelli ad attività fermentante. Il tipo di specie cellulare predominante in ogni istante è condizionato dalla competizione per il substrato utilizzato ma anche dalla disponibilità di azoto e altri nutrienti essenziali, quali i minerali, e dai valori del pH ruminale. Una fermentazione ruminale molto intensa porta ad un abbassamento del pH e, quindi, a una regressione di numerose specie e allo sviluppo di altre. Ad una elevata crescita batterica corrisponde un aumento dei protozoi i quali avendo attività predatoria nei confronti dei batteri ne controllano la densità. I protozoi ciliati ingolfando e utilizzando i granuli di amido in sede intracellulare, sottraggono il polisaccaride all'attacco degradativo e fermentativo dei batteri, prevenendo un accumulo di lattato e la conseguente acidosi intraruminale.

I batteri ruminali, in base alla loro attività metabolica principale ed al substrato energetico da essi maggiormente utilizzato, li possiamo distinguere in:

- a) cellulolitici (*Ruminococcus*, *Fibrobacter*, *Clostridium*): attraverso la produzione di enzimi idrolizzano le cellulose e ne rendono disponibili i residui monosaccaridici per le fermentazioni ruminali. La demolizione della cellulosa è molto più lenta rispetto a quella dell'amido per cui si ha un'intensa attività cellulolitica soprattutto con razioni ricche in fibra;
- b) emicellulolitici: la demolizione delle emicellulose è più veloce rispetto a quella della cellulosa;
- c) amilolitici (*Streptococcus bovis*, *Bacteroides ruminicola*): idrolizzano l'amido;
- f) produttori di acido (*Veillonella alcalescens*, *Veillonella gazogenes*): producono acido acetico, butirrico e propionico;
- g) metanogeni (*Methanobacterium ruminantium*, *Methanobacterium formicium*): partendo dalla CO_2 e dall' H_2 , producono il metano il quale è eliminato con l'eruttazione e quindi non è utilizzato dall'animale; l' H_2 utilizzato da questi batteri potrebbe essere utilizzato per la formazione di ac. propionico
- h) lipolitici (*Anaerovibrio lipolytica*): idrolizzano i trigliceridi e formano glicerolo e acidi grassi liberi;
- i) proteolitici (*Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola*): utilizzano le proteine come fonte di energia, forniscono aminoacidi liberi mediante idrolisi dei legami peptidici delle proteine;
- j) produttori di vitamine i quali sintetizzano la vitamina K e le vitamine del gruppo B.
- k) utilizzatori di acidi: vi appartengono i batteri in grado di utilizzare gli acidi organici quali l'ac. lattico, succinico, fumarico, ossalico. Per evitare acidosi ruminale risulta utile la trasformazione dell'ac. lattico in ac. propionico.

Questo tipo di classificazione pone dei limiti in quanto mentre, alcune specie (*Anaerovibrio lipolytica*) utilizzano un unico strato energetico altre invece (*Bacteroides ruminicola*) svolgono più di una delle funzioni prima descritte. Considerando l'attività predominante in relazione al solo metabolismo ossidativo possiamo dividere i microrganismi in quattro gruppi:

- a) degradativi: comprende batteri che depolimerizzano i polisaccaridi o l'amido in osi più semplici come cellubiosio, maltosio, saccarosio, xilobiosio;

b) fermentativi: fermentano i glucidi, convertendoli in acidi grassi a corta catena come acetato, propionato e butirrato o a CO₂ ed H₂. La CO₂ è in parte ridotta a metano attraverso i batteri metanogeni;

c) azoto-fissatori: degradano i substrati azotati per formare, oltre ad acetato, acidi grassi a catena ramificata e NH₃, indispensabili per la sintesi di altri aminoacidi e, quindi, per la crescita cellulare;

d) metanogenetico: producono metano.

I **protozoi** compaiono nel rumine non prima della seconda settimana di vita, in quanto la loro possibilità di persistere nel rumine dipende dalla disponibilità di batteri e funghi, che sono per questi microrganismi la principale fonte alimentare. Essi sono soprattutto ciliati e in minor misura flagellati. Così come i batteri, i protozoi vivono liberi nella fase liquida ruminale oppure attaccati alle particelle alimentari o alla parete del rumine e sono coinvolti nel metabolismo degradativo e fermentativo ruminale. La loro concentrazione è di 10⁵-10⁸ cellule/ml di liquido ruminale e varia in funzione della dieta, del tempo di ritenzione del cibo nel rumine, del tipo e del numero dei pasti giornalieri e delle condizioni fisico-chimiche del rumine. Il numero massimo si osserva con diete ricche in fibre, quello minimo con diete a base di concentrati. Prima del pasto, il numero di protozoi è bassissimo e aumenta di circa 9 volte entro 40' dal pasto, inizia a diminuire dopo 4 ore per tornare ai valori minimi 6-8 ore dopo.

L'ingolfamento da parte dei protozoi dei batteri e di particelle alimentari porta ad un aumento del tempo di ritenzione degli alimenti nel rumine, con un maggior attacco degradativo degli stessi e un minor flusso del digesto al duodeno. La concentrazione di ammoniaca ruminale in presenza di protozoi rispetto a quella del rumine defaunato è considerevolmente maggiore per una aumentata degradazione proteica ed utilizzazione delle catene carboniose degli aminoacidi, nonché del prolungato tempo di ritenzione dell'alimento nel rumine. Con la defaunazione si osserva un maggior flusso di composti azotati nel duodeno. Comunque, le proteine protozoarie sono più digeribili che quelle batteriche e sono caratterizzate da un più elevato valore nutritivo, per la presenza nel *pool* di aminoacidi di elevate concentrazioni di lisina. Un ulteriore effetto indesiderabile, legato ai protozoi, è quello derivante dalla compressione sull'accrescimento batterico ruminale a seguito della loro attività predatoria e al loro consumo di energia. Comunque, i protozoi concorrono alla digeribilità dei costituenti lignocellulosici della parete vegetale, sia perché hanno una intensa attività degradativa nei confronti di alcuni polisaccaridi vegetali, sia attraverso l'influenza che esercitano sulla popolazione batterica. In loro assenza, infatti, la crescita batterica non controllata porta a variazioni tanto considerevoli delle condizioni chimico-fisiche del rumine, da risultare pregiudizievoli per la sopravvivenza degli stessi batteri. La presenza di protozoi influisce anche sul destino finale delle catene carboniose di origine glucidiche. I maggiori prodotti del metabolismo ossidativo protozoarico nel rumine sono lattato, acetato, butirrato, CO₂, H₂. Il rapporto molare fra butirrato e propionato prodotti a seguito delle fermentazioni ruminali, pari a 1,7 in presenza di protozoi, passa a 0,5 in loro assenza mentre, aumenta la quantità di acidi grassi volatili (AGV). Poiché una elevata disponibilità di propionato favorisce l'accrescimento somatico dell'animale, a fini zootecnici, è stata sperimentata la defaunazione ruminale; i risultati sono stati contraddittori e ciò in considerazione di quanto articolate e complesse siano le interazioni fra le specie microbiche e protozoiche nel rumine.

I **funghi** anaerobi compaiono nel rumine 6-8 giorni dopo la nascita. Appartengono alla classe *Chytridiomycetes* e sia il loro numero che le specie variano in funzione del tipo di pasto dato all'animale. Con una dieta ad alto contenuto di crusca di cereali, il numero dei miceti anaerobi nel rumine è massimo, con una dieta povera di

fibre, la popolazione fungina si riduce fino alla completa scomparsa di alcune specie. In particolare, la crescita fungina è stimolata da diete a base di fieno e concentrati ed inibita dalla somministrazione di mais e foraggio. Il ciclo dei miceti consiste di una fase mobile, nella quale avviene la formazione di zoospore uniflagellate o pluriflagellate, e una fase immobile riproduttiva con formazione di un tallo vegetativo attaccato mediante rizoidi alle particelle vegetali. Essi sono coinvolti nel metabolismo degradativo e fermentativo ma, al contrario dei batteri e dei protozoi sono in grado di attaccare i tessuti lignocellulosici, che in assenza dei miceti passerebbero indigeriti nelle feci. L'attività dei miceti ruminanti è favorita dal danneggiamento parziale dei tessuti lignificati durante la ruminazione. La capacità di degradare la lignina è comunque limitata, infatti mentre alcuni funghi sono in grado di degradare le pareti lignificate di alcune angiosperme, altre angiosperme, le graminacee e alcune conifere sono resistenti all'attacco fungino. Un'aumentata lignificazione si associa ad una diminuita digeribilità perché l'attività dei miceti ruminanti viene inibita da composti fenolici, che aumentano con il grado di lignificazione. I funghi instaurano con i batteri metanogeni una simbiosi mutualistica infatti, i miceti ricavano dai batteri un aumento della velocità di idrolisi della cellulosa dei tessuti vegetali, che rendono disponibile glucosio solubile, il quale favorisce il benessere e la proliferazione fungina, a loro volta, i metanogeni sfruttano l'idrogeno prodotto negli idrogenosomi posseduti anche da queste specie cellulari per produrre metano.

Fra le sostanze del contenuto ruminale assume importanza la saliva, la cui composizione è simile a quella dell'uomo (anche se quella dei ruminanti non contiene ptialina e quindi non ha capacità idrolitica sull'amido. La saliva ha anche funzione tampone in quanto neutralizza l'acidità proveniente dalla fermentazione della cellulosa e degli idrati di carbonio (pH nel rumine = 6-7). Il ruminante durante l'ingestione mastica gli alimenti solo sommariamente, lasciandoli cadere attraverso l'esofago nel rumine, dove si accumulano e, sotto l'azione della saliva, subiscono una prima macerazione. Successivamente, gli stessi alimenti sono riportati alla bocca sotto, forma di boli, dove sono accuratamente masticati (masticazione mericica) abbondantemente insalivati e nuovamente deglutiti. Il bolo mericico non ancora fermentato, di basso peso specifico a causa del suo contenuto in fibra grezza, rimane nello strato superiore del rumine dove subirà l'azione demolitrice della microflora. La parte già sensibilmente trasformata dai batteri scende sul fondo e passa nell'omaso. Qui viene sottratta acqua (per non diluire i succhi gastrici dell'abomaso) e lo stesso bolo se sufficientemente digerito è immesso nell'abomaso.

2.3.12. Digestione e sintesi proteica nel rumine.

Solo il 30-35% delle proteine alimentari ingerite riesce a sfuggire alla degradazione ruminale e quindi arriva indenne all'intestino. Il resto viene trasformato nel rumine in proteine microbiche mediante enzimi specifici, prodotti dai batteri, e con l'aiuto di energia. L'attacco enzimatico avviene in due fasi:

- 1) si ha la rottura (idrolisi) dei legami polipeptidici, con liberazione di peptidi (aminoacidi a catena corta) o di semplici aminoacidi;
- 2) si ha la deaminazione e la degradazione di tali molecole semplici, con produzione di ammoniaca, residui di aminoacidi e di peptidi e qualche altro composto. L'ammoniaca e gli altri prodotti della scissione sono captati dai batteri (riescono a intercettare fino al 90% di azoto) ed elaborati a proteina del loro stesso corpo (proteinogenesi). La cellula batterica contiene dal 44,4 al 55% di proteina. Il 30-40% dei batteri viene ingerito dai protozoi ed avviato insieme ai batteri nell'abomaso e all'intestino dove subiscono la

classica digestione delle proteine. La digeribilità della proteina batterica è di circa l'80%. Tali trasformazioni permettono di dire che "il ruminante è un erbivoro per ciò che mangia ma è un carnivoro o pseudocarnivoro per ciò che digerisce". La proteinogenesi necessita di due condizioni basilari:

a) presenza di azoto: le proteine alimentari sono formate da frazioni più (albumine, globuline) o meno (gluteline, prolamine) solubili e quelle più solubili sono degradate più velocemente. Così come detto per i glucidi, anche le proteine sono degradate in proporzione diversa e la degradabilità dipende dalla loro natura e dai trattamenti subiti. Ad esempio, la velocità di degradazione è molto elevata per gli insilati, i cereali, molte farine ad elevato tenore proteico, è inferiore per i foraggi verdi e soprattutto per quelli affienati ed è bassa per le materie prime proteiche sottoposte a riscaldamento (erba disidratata, soia tostata, ecc.). I batteri cercano soprattutto l'azoto ureico ma anche aminoacidi e peptidi: il rendimento della trasformazione dell'azoto si ha quando esso si trova per il 75% come non proteico e per il 25% come aminoacidico o peptidico. La proteosintesi è influenzata da diversi fattori e situazioni fra cui:

- la capacità di lisi posseduta dai batteri, a sua volta dipendente dalla sua peculiare capacità enzimatico-proteolitica,
- il mantenimento di un equilibrato e favorevole ambiente ruminale,
- il buon rapporto fra velocità di degradazione e velocità di transito delle particelle alimentari che a sua volta dipende dalla struttura e qualità dell'alimento, dal livello di ingestione di sostanza secca, dal tempo di permanenza dell'alimento nel rumine.

b) presenza di energia: da essa dipende l'attività microbica di riproduzione e di proteinogenesi. La quota principale di energia deriva per l'80% dai carboidrati, per il 20% dalle proteine e in maniera trascurabile dai grassi. Un contributo energetico non indifferente è dato dalla metanogenesi: va ricordato che da una mole di metano si ottengono 4 ATP, da 100 g di carboidrati fermentati 2,5-3 ATP e da 100 g di proteina solo 1,2-1,5 ATP. La migliore garanzia per l'ottenimento di ATP energetico per il lavoro lisi e di sintesi proteica si ha in presenza di glucidi ad alta velocità di fermentazione e la conseguente produzione di acido acetico. Il costo energetico in ATP risulta più elevato quando è destinato a produrre proteina batterica piuttosto che altri composti della cellula batterica (grassi, carboidrati). Il 45% dell'ATP disponibile viene utilizzato per il mantenimento dei batteri, il 45% per la loro moltiplicazione e il 10% viene perso. Quando aumenta la diluizione del contenuto ruminale (produzione di saliva, altro), viene risparmiato ATP per il mantenimento a favore della moltiplicazione batterica e della sintesi. Molti studi hanno stabilito che grosso modo da 100 g di sostanza organica fermentata nel rumine si ottiene una produzione di 16-22 g di proteina batterica, mentre secondo studi tedeschi si produrrebbero 15 g di proteina batterica per MJ di energia netta latte (ENL) presente nel rumine e, quindi, traducendo tale energia in UFL si avrebbero 108-110 g di proteina batterica per ogni UFL. Questi valori possono elevarsi razionalizzando al meglio gli equilibri nutritivi della dieta o inserendo vitamina PP (5 g/capo/giorno) e in quest'ultimo caso la proteosintesi può aumentare anche del 30-50%.

E' stato ipotizzato che nelle bovine la sintesi batterica è ottimale con diete contenenti circa il 13% di proteina sul secco. Con una normale razione non spinta, è prevedibile una produzione giornaliera di 1.800 g di proteina batterica grezza, che avendo una digeribilità intestinale dell'80% corrisponde a circa 1400-1500 g di proteina digeribile.

Esempio di utilizzo di una proteina nei ruminanti

Proteina grezza alimentare ingerita =	g 3170	Energia: 129 MJ di ENI
Degradazione = 65,6 =		Quota <i>by-pass</i> = 34,4%
Sintesi ruminale* =	$\begin{array}{l} \swarrow \quad \searrow \\ \text{g } 2080 \quad \text{g } 1090 \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{g } 1935 + \text{g } 1090 \end{array}$	
	All'intestino = g 3025 di proteina pura	
	Digeribilità 80% = g 2420 di proteina digeribile all'intestino	
	Metabolizzabilità 70% = g 1964 di proteina metabolizzabile intestinale	

* *La sintesi di proteina microbica è di 15 g per ogni MJ*

Le esperienze di Virtanen, indicano che è possibile coprire una produzione di 40 q di latte nel ciclo di produzione di 305 giorni (13 kg al giorno, mediamente) fornendo alla microflora solo urea quale fonte azotata, dimostrando così l'elevato grado di captazione dell'azoto di cui sono capaci i batteri ruminanti.

Forzando oltre il 13% la concentrazione proteica alimentare su S.S., bisogna provvedere ad un proporzionale adeguamento dei valori energetici della razione.

Quando la microflora non dispone di sufficiente energia fermentativa, almeno il 75% della quota di proteina eccedente quel 13% si arresta allo stadio di ammoniaca la quale si accumula nel rumine dove in parte è trattenuta in urea che, nella migliore delle ipotesi è riciclata attraverso la saliva nel rumine o eliminata con le urine. Comunque, è il fegato l'organo fondamentale che partecipa a tutti i processi di detossificazione, ma le sue capacità non sono illimitate e, inoltre, necessita di energia che gli viene fornita sotto forma di glucosio. L'eventuale sovraccarico metabolico di ammoniaca non bruciata, allora, causa degenerazione del tessuto epatico, stato tossico di alcalosi, squilibri ormonali, ridotto assorbimento di calcio e fosforo, passaggio di urea nel sangue e latte, ipofertilità.

2.3.14. Modulazione fermentazioni ruminanti

Le fermentazioni ruminanti possono essere modulate attraverso diverse vie:

a) tecniche di alimentazione, sono essenzialmente due:

1) autoalimentazione dell'animale sotto controllo elettronico computerizzato: l'operatore assegna ad ogni animale un numero di porzioni di alimento adeguato alle necessità, che l'animale ripartisce spontaneamente nel corso della giornata, ma non può superare i limiti stabiliti dall'allevatore sulla base del rendimento e del suo stato di benessere o malattia;

3) tecnica del piatto unico o unifeed, consiste nel miscelare i vari componenti alimentari della razione in rapporti adeguati alle specifiche necessità dell'allevamento in atto.

Questo metodo può essere applicato anche da solo poiché il singolo animale, in genere, ingerendo quantità variabili di alimento completo, si autoregola.

a) composizione della razione: diviene importante il rapporto foraggi:concentrati; l'amido o gli zuccheri molto fermentescibili se ad elevata quantità causano una intensa attività fermentativa soprattutto di tipo propionico fino ad arrivare a quella lattica che può penalizzare la digestione ruminale degli alimenti e ciò si ha soprattutto se il pH si abbassa di molto. Gli americani consigliano razioni contenenti carboidrati per il 28% a

rapida fermentazione zuccheri solubili), per il 32% carboidrati a media fermentazione (pectine e amido molto degradabili, prodotti fioccati) e per il 40% carboidrati a lenta fermentazione (amido di mais, amido di patate). Il tenore in fibra grezza della razione non dovrebbe scendere al di sotto del 15-16%. I tenori ottimali di NDF e ADF della razione sono, rispettivamente del 32-36% e 20-22%. Ciò porta a un tenore in NDF, a secondo del livello produttivo, tra lo 0,85 e l'1,2% del peso vivo peraltro, il 70-80% dell'NDF dovrebbe essere apportato da foraggi.

b) frequenza dei pasti, con pasti più frequenti il biochimismo ruminale è più lineare, non si hanno brusche variazioni di pH e la flora è di tipo cellulolitico, per cui il rapporto acetato/propionato rimane >3 , una condizione favorevole per le vacche lattifere, essendo l'acetato un substrato per la sintesi degli acidi grassi destinati alla secrezione nel latte;

c) foraggi verdi, hanno un'azione di stimolo sulle fermentazioni ruminali che è dovuta alla presenza di zuccheri solubili a lenta liberazione con abbondanza di acqua;

e) additivi chimici modulatori delle fermentazioni ruminali, sono una serie di sostanze in grado di intervenire positivamente sull'attività dei microrganismi ruminali le quali vengono somministrate per perseguire alcuni obiettivi:

1) migliorare l'utilizzazione della quota fibrosa della razione che è limitata sia dalla modesta efficienza energetica delle fermentazioni anaerobiche, sia dalla intensità della degradazione delle proteine alimentari durante la loro permanenza nel rumine;

2) aumentare l'energia utilizzabile dai microbi del rumine, e di conseguenza la loro biomassa, spostando l'equilibrio fra gli acidi volatili a favore dell'acido acetico e riducendo le perdite di fermentazione sotto forma di CO₂ e metano che oscillano tra il 6 e il 19%;

3) ottimizzare le proteinogenesi batteriche, sempre attraverso un aumento della disponibilità di energia, riducendo così l'entità della degradazione delle proteine alimentari: un'efficiente integrazione di proteine nelle strutture microbiche riduce il numero di atomi di carbonio degli amminoacidi che vengono ossidati nelle fermentazioni;

4) aumentare il by-pass proteico del rumine e quindi la disponibilità di amminoacidi essenziali per l'animale;

5) controllare situazioni di stress metabolico dovute a cambiamenti bruschi di regime alimentare, che comportano fermentazioni anomale e la produzione di sostanze tossiche, con ripercussioni negative sulla fertilità e sullo stato di salute dell'animale.

A fianco dei modulatori delle fermentazioni ruminali con effetto auxinico, per interferenza diretta con l'attività microbica, altri modulatori possono essere efficaci attraverso meccanismi meno selettivi. Una maggiore diluizione del contenuto ruminale può essere ottenuta aumentando il tenore salino della razione, inducendo così l'animale a bere più acqua, con la conseguenza di favorire lo sviluppo microbico ed orientare le fermentazioni verso l'acido acetico. La slaframina, un metabolita fungino isolato da *Rhizotoma leguminicola*, stimola la secrezione salivare fino al 50-60% nei bovini alimentati con concentrati, senza ridurre il consumo alimentare, e porta ad un miglior controllo fisiologico del flusso del digesto ruminale verso porzioni caudali del tubo digerente. Trova un utile riscontro anche l'impiego di alcune sostanze fisiologiche che favoriscono le fermentazioni ruminali aumentando la proteinogenesi ed il by-pass proteico; fra queste l'acido nicotinico e la sua ammido, l'acido fumarico e la bentonite sodica. La nicotinammide esercita anche un effetto extravitaminico, svolgendo un'azione sedativa in presenza di condizioni di stress e, forse, stimolando l'assunzione di cibo.

f) inibitori della metanogenesi, alcune sostanze quali il tricloroacetammide, tricloetanolo, tricloroadipato, tricloropivalato hanno effetti tossici sui batteri metanogeni e, purtroppo, anche sulle altre specie microbiche ruminanti, determinando una diminuzione della efficienza di degradazione della materia organica alimentare ed una minore sintesi microbica, effetti messi in evidenza specialmente in ruminanti alimentati con razioni ricche di concentrati. Inoltre, risultano pericolose per la salute dell'animale e dell'uomo e vengono allontanate dall'ambiente in tempi molto lunghi.

d) antibiotici ionofori, devono il proprio nome al loro meccanismo d'azione fondamentale che consiste in un'azione facilitante lo scambio di cationi attraverso le membrane batteriche; più impiegati sono il Monensin che è quello più studiato, il Lasalocid, il Salinomycin ed il Narasin. L'aggiunta di Monensin alla razione alimentare determina un aumento della produzione di propionato a scapito di quella dell'acetato e del butirrato, con solo minime variazioni del lattato. Gli antibiotici ionofori possono ridurre la quantità di alimento assunto giornalmente infatti, è stato osservato che il monensin può ridurre il consumo di una razione alimentare a base di granelle dal 10 al 16%. La riduzione della produzione di metano con l'uso di monensin va dal 4 al 31%; esso, a differenza di altri inibitori della metanogenesi, non produce un eccesso di H₂. Il monensin riduce il fabbisogno proteico del ruminante, in quanto diminuisce l'ossidazione degli aminoacidi liberatisi nel liquido ruminale, per l'idrolisi dei legami peptidici e la degradazione ruminale delle proteine della razione. Con il monensin aumenta di circa il 15% il turnover del glucosio poiché l'antibiotico fa diminuire la quantità di aminoacidi glucogenetici avviati alla gluconeogenesi. Il monensin anticipa la pubertà e, attraverso la produzione di propionato, favorisce la secrezione ipofisaria di LH (ormone luteinizzante) in risposta alla somministrazione di Gn-RH (fattore rilasciante gonadotropine dall'ipotalamo); inoltre, riduce l'anaestrosi postpartum e causa un aumento del peso alla nascita dei vitelli, probabilmente come conseguenza del più intenso anabolismo causato dall'uso del farmaco.

h) trattamenti fisici, per i foraggi si fa, in genere, riferimento alla trinciatura, che se non inferiore a 1-2 cm, mantiene buona parte delle caratteristiche fisico-meccaniche dei foraggi, ai fini di un regolare stimolo alla ruminazione, con una normale funzione ruminale, ma con il vantaggio di aumentare la quantità di alimento ingerita. Con la macinatura (< 0,6 cm), la digeribilità si riduce per una minore permanenza nel rumine e possono comparire effetti nocivi assai rilevanti. Infatti, lo sminuzzamento eccessivo della razione porta a lesioni del rumine, ad ascessi epatici, a meteorismo cronico e a calcoli urinari. L'incidenza di queste complicazioni diminuisce con l'adozione di misure profilattiche che consistono, principalmente, nel distribuire una piccola quantità di paglia.

I trattamenti operati sui cereali, in genere, accelerano i processi fermentativi ruminanti. In ordine di velocità fermentativa crescente abbiamo: granella secca intera > granella conservata umida > granella frantumata > granella finemente macinata > granella sottoposta a trattamento idrotermico. Le quantità di propionato e lattato sono tanto maggiori quanto maggiori e violenti sono stati i processi fermentativi. Anche la stessa fonte dell'amido ha effetti al riguardo: mais e sorgo > orzo. L'amido non deve giungere nell'intestino in quantità eccessive, per la presenza in questa sede di quantità di α -amilasi non adeguate ad un sovraccarico di substrato. Ad essa si può porre un parziale rimedio con dei tamponi intestinali, quali carbonati di calcio, ossido di magnesio che, favorendo l'avvicinarsi del pH alla neutralità, aumentano l'attività specifica dell'enzima. Per contro, l'assorbimento di elevate quantità di glucosio dall'intestino causa nelle lattifere la sindrome del latte magro.

i) protezione proteica con aldeidi, ha lo scopo di ridurre o inibire l'attacco microbico sulle proteine, senza influire negativamente sul flusso del digesto e quindi sull'efficacia di utilizzazione dell'alimento nel metabolismo animale. La formaldeide permette un'effettiva protezione proteica, senza rendere l'alimento indigeribile a livello intestinale. Anche altre aldeidi quali l'acetaldeide, la glutaraldeide e il gliossale, possono essere utilizzate per il fine medesimo. La principale reazione coinvolta è la carbamilazione degli α -amminogruppi terminali delle proteine e dei gruppi amminici presenti nelle catene laterali degli amminoacidi che possiedono tale caratteristica. I batteri ruminanti non sono in grado di metabolizzare i metilesteri di quattro amminoacidi essenziali (leucina, treonina, valina e lisina) mentre gli amminoacidi non modificati sono facilmente degradabili. Utilizzando dialdeidi, come la glutaraldeide, si possono anche creare ponti intramolecolari fra gli amminoacidi basici. Il trattamento della proteina alimentare con formaldeide e analoghi favorisce la ritenzione di azoto da parte dell'animale, con un aumento della concentrazione amminoacidica ematica.

l) protezione proteica con tannini, il tannino è un composto chimico con peso molecolare variabile tra 500 e 300 D, contenente gruppi fenolici-idrossilici capaci di formare sulla proteina un reticolo di protezione. Le proteine rivestite di tannino sono parzialmente protette dalla degradazione ruminale e vengono idrolizzate nell'abomaso. In alcuni casi, tuttavia, ad esempio con il sorgo, il trattamento con tannini riduce il rendimento energetico, rendendo le proteine resistenti anche alla digestione post-ruminale.

m) integrazione della razione alimentare con aminoacidi, in animali con forti produzioni di latte e di carne, alcuni aminoacidi e specialmente quelli solforati non sono disponibili in quantità adeguate e possono rappresentare un fattore limitante della razione. Così la lisina e la metionina sono aminoacidi co-limitanti per la produzione del latte in bovine alimentate con insilati di frumento e concentrati contenenti il 60% di grano e il 25% di avena, la lisina è limitante in razioni senza l'apporto di leguminose e la metionina in razioni al 4% di farina di soia. L'integrazione di diete carenti con zolfo, solfato sodico o DL-metionina migliora l'accrescimento ponderale e la produzione del latte. Solo il 20-30% della metionina aggiunta alla razione raggiunge il duodeno, cosicché sono stati fatti numerosi sforzi per proteggere questo aminoacido dalla ossidazione ruminale. In sospensioni di microrganismi ruminanti alimentati con urea come sola fonte di azoto, l'aggiunta di metionina permette una migliore sintesi delle proteine sia microbiche che protozoiche. La metionina stimola in ambito ruminale anche la sintesi lipidica, fornendo gruppi metilici nella sintesi della fosfatidilcolina. Gli aminoacidi possono essere protetti con l'incapsulamento, risultato che può essere ottenuto preparando un composto costituito dal 20% di DL-metionina, dal 20% di caolino e dal 60% di tristearina: il prodotto così ottenuto ha un nucleo di metionina disperso in un colloide di caolino rivestito da una pellicola idrofobica di tristearina. Altri materiali sono stati usati allo stesso scopo, quali amido acrilato, polimeri imidamminici; essi si basano sul fatto di essere resistenti alle condizioni fisico-chimiche del rumine, ma di disgregarsi ai valori di pH caratteristici dell'abomaso.

CAP. III. VALUTAZIONE CHIMICO FISIOLÓGICA DEGLI ALIMENTI

La prima condizione per poter alimentare razionalmente gli animali è quella di conoscere e saper valutare gli alimenti loro destinati, in modo da poterli scegliere a seconda della specie, dell'età e della produzione, realizzando il massimo utile economico dalla trasformazione dei foraggi e dei mangimi in carne, latte, uova, lana, lavoro ed altre produzioni o prestazioni.

Gli alimenti devono essere sottoposti a due tipi di valutazione:

3.1 Valutazione chimica

Per la legge italiana (n. 281 del 15 febbraio 1963 e seguenti) nei mangimi bisogna indicare:

- umidità e per riflesso la sostanza secca
- protidi grezzi
- lipidi grezzi
- fibra grezza
- estrattivi inazotati
- ceneri

La valutazione chimico-funzionale di un alimento viene fatta su piccole quantità (campione) prelevate dalla partita, dal silo, dal campo che si vogliono esaminare.

Per effettuare un buon campionamento esistono varie metodiche: metodo ISO, metodo NGD, metodo CEE, metodo ufficiale G.U. n. 165 del 15/6/1978 e altri. Tutti i metodi tengono conto della consistenza della partita, del tipo di prodotto da analizzare, del tipo di confezione e del tipo di controllo da eseguire.

Nel prelievo dei campioni bisogna fare in modo che essi siano rappresentativi della massa che si vuole analizzare e, nello stesso tempo, si deve evitare che si verifichino alterazioni o contaminazioni del prodotto. I recipienti usati devono essere puliti e sterili, asciutti e sigillabili e il trasporto al laboratorio deve avvenire nei tempi o con le procedure eventualmente necessarie per la conservazione (refrigerazione, congelamento, ecc.). Il numero e le dimensioni dei campioni da raccogliere sarà tanto più grande quanto maggiore ed eterogenea è la massa di alimento da valutare. Per partite di alimenti alla rinfusa si suggeriscono 7 o più campioni, se il peso della massa è inferiore a 2,5 tonnellate, mentre per pesi superiori il numero dei campioni sarà uguale o maggiore di $\sqrt{20n}$, dove n è il numero di tonnellate della partita, fino ad un massimo di 40. Per assicurare la rappresentatività, i campioni devono essere prelevati a caso e a vari livelli della massa o, in alternativa, suddividendola idealmente in più parti approssimativamente uguali e prelevando un campione per ciascuna parte. Le eventuali parti visibilmente danneggiate o alterate, vanno allontanate oppure separate e campionate a parte. I singoli campioni si riuniscono in campioni finali in congruo numero (es.: 1-2 fino a 10 tonnellate e 3-4 oltre 10 tonnellate della massa da valutare). Ciascun campione finale, adeguatamente mescolato, fornirà poi uno o più sub-campioni (almeno 500 g) per le analisi di laboratorio. Inoltre, è necessario registrare tutti i dati inerenti i particolari della partita o dell'ambiente e quelli necessari all'identificazione dell'alimento (luogo, data, tipo di alimento, provenienza, ecc.).

Il campionamento varia in funzione dell'alimento da analizzare:

a) **Foraggi freschi o miscele unifeed:** il campione si preleva al momento della somministrazione; si prelevano numerosi campioni (20-30) di circa mezzo Kg ciascuno, in diversi punti della massa e si pongono in un unico recipiente, dopo averli mescolati accuratamente si prelevano 2 Kg dei quali 0,5 Kg vengono utilizzati subito per determinare la S.S. e 1,5 Kg inviata al laboratorio di analisi. Per la determinazione della

S.S. il campione si pone in un contenitore di peso noto (tara), quale può essere un bustone di carta; la busta una volta riempita viene forata per far uscire l'umidità una volta che verrà posta in stufa; una volta terminata l'operazione, la busta con il campione di foraggio o di unifeed viene pesata con una bilancia abbastanza precisa (± 1 g) e si registra il peso lordo e quello netto, quindi il campione si pone in stufa a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ finché non raggiunge un peso costante tra le ultime due pesate (sono necessari circa 3 giorni).

<i>Esempio di calcolo della S.S. di un alimento</i>		
Prima dell'essiccazione		Dopo l'essiccazione
Peso lordo (tara + alimento)	530 g -	130 g -
Tara	30 g =	30 g =
Peso alimento	500 g	100 g
% S.S. alimento: $(100 : 500) \times 100 = \mathbf{20\%}$		
g S.S./Kg alimento = $20 : 100 = x : 1000$;		
$x = 20 \times 1000 / 100 = \mathbf{200}$ g		

b) **Insilati**: la tecnica di prelevamento dei campioni è uguale a quella dei foraggi freschi. E' molto importante la rapidità nel prelievo del campione, particolarmente per quanto riguarda la costipazione e la compressione del foraggio nel doppio sacchetto di plastica o in un contenitore a chiusura ermetica. Nel caso in cui le analisi non possono essere effettuate subito il campione va conservato a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ per determinare la S.S. al massimo entro 4 giorni mentre per le altre determinazioni da eseguire sul fresco (pH, acidi organici, azoto ammoniacale) il campione va conservato in *freezer*.

c) **Foraggi secchi**: trattandosi di materiale poco soggetto a variazioni biochimiche, il prelievo dei campioni si può fare anche nel luogo di conservazione. Di tutta la massa bisogna prendere diversi campioni di circa 200 g ciascuno per un totale di 5-10 Kg. Dopo un'eventuale trinciatura e un accurato mescolamento verrà estratto il campione finale di circa un Kg che verrà inviato al laboratorio di analisi. Se le analisi non possono essere fatte subito, conviene determinare la sostanza secca direttamente in azienda.

d) **Mangimi concentrati**: il prelevamento dovrà essere effettuato in più punti della partita al fine di ottenere, mescolando le singole porzioni, un campione rappresentativo della massa di circa 1,5 – 2 Kg.

Lo schema di analisi dei costituenti chimici adottato in molti paesi, compresa l'Italia, è quello definito "analisi tipo", che segue lo schema Wende.

Il contenuto di **umidità** di un alimento si determina per differenza di peso, su un campione del peso di 4-5 grammi, posto in stufa a $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 4 ore. In queste condizioni, l'acqua evapora e rimane la sostanza secca. Per gli alimenti ricchi di acqua quali i foraggi verdi è necessaria una preessiccazione, che viene condotta a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino al raggiungimento di un peso costante (generalmente due giorni) al fine di consentirne la conservazione.

Anche a questa temperatura, alcune sostanze possono evaporare o alterarsi (vitamine, enzimi, acidi grassi volatili) e quindi per esse è necessario utilizzare campioni freschi. Quando le quantità di sostanze volatili sono tali da provocare una elevata sovrastima dell'umidità, come nel caso degli insilati, è necessario operare un aggiustamento del reale tenore di sostanza secca mediante opportune correzioni, che tengono conto del tenore di AGV, NH_3 e etanolo determinati sul tal quale:

perdite di volatilizzazione (g/kg) = etanolo + N-NH_3 + AGV x 0,85 + acido lattico x 0,14
--

La determinazione dei **protidi grezzi** è fatta convenzionalmente rilevando l'azoto totale (metodo Kjeldahl) presente nel campione e moltiplicando per il

coefficiente 6,25 in quanto il contenuto medio in azoto delle diverse proteine è del 16% (6,25 = 100 : 16).

PROTIDI GREZZI

- 3-5 grammi di alimento si mettono in un matraccio di kjeldahl
- si aggiungono 590 ml di H₂SO₄ al 96% e un po' di CuO
- Cu: si ossida
- N organico: si trasforma in azoto ammoniacale che si fa reagire con NaOH N 10
- 1 ml di NaOH = 0,0014 gr di azoto

Proteina grezza % = ml NaOH x 0,0014 x 6,25 x 100

Coefficienti conversione dell'N totale dell'alimento in proteina grezza:

5,5	panello di lino
5,7	grano, avena, piselli, fave
5,9	farina di carne
6,0	mais, orzo, soia
6,4	derivati del latte

Con il metodo Kjeldahl, attraverso il trattamento con acido solforico concentrato, l'azoto presente, ad eccezione di quello che eventualmente si trova sotto forma di nitriti o nitrati, viene trasformato in solfato di ammonio - (NH₄)₂SO₄ - il quale viene trattato con idrossido di sodio (NaOH) e quindi si libera ammoniaca che viene dosata e titolata, generalmente, per via colorimetrica.

I **lipidi grezzi** si determinano attraverso l'estratto etereo ricavato con l'apparecchio Soxhlet con etere etilico anidro. Nel solvente però non si disciolgono solo i lipidi ma anche tutta una serie di composti che hanno come unica caratteristica comune la liposolubilità quali: pigmenti presenti nei foraggi, cere, resine, acidi organici (acetico, propionico, butirrico, lattico, ecc.), alcoli, steroli, vitamine liposolubili (A, D, E, K). Invece, alcuni lipidi non vengono estratti e l'etere estrae male i saponi: la loro presenza necessita una prima estrazione dei lipidi seguita da una idrolisi acida prima di eseguire l'estrazione vera e propria; lo stesso procedimento conviene applicarlo per le farine proteiche di origine animale (carne, pesce, sangue), trebbie di birra essiccate, lieviti disidratati, sottoprodotti lattiero-caseari e ai prodotti contenenti lipidi protetti contro la degradazione ruminale.

Per lipidi grezzi si intendono, quindi, tutte le sostanze liposolubili presenti nel campione analizzato: LG = lipidi digeribili + altre sostanze liposolubili.

La **fibra grezza** è costituita per il 50 - 80% da cellulosa, per il 10-15% da lignina e per il 20% da emicellulosa. Si determina convenzionalmente con il metodo Wende attraverso trattamenti successivi del campione con una soluzione bollente di acido solforico (0,26 N), quindi, con una soluzione di idrossido di potassio di determinata concentrazione (0,23 N). Se gli alimenti hanno un contenuto lipidico superiore all'8% della S.S. le idrolisi vanno precedute da una estrazione delle sostanze lipidiche con etere.

L'esigenza di distinguere meglio tra i carboidrati più prontamente e totalmente utilizzabili da quelli utilizzabili più lentamente e in minor misura o addirittura non utilizzabili dai ruminanti ha portato al sistema d'analisi (van Soest) al detergente e delle frazioni fibrose (NDF, ADF, ADL) in cui la frazione fibrosa della parete cellulare vegetale può essere scomposta. In sintesi, van Soest distingue tre livelli di disponibilità per, il ruminante, dei componenti della cellula vegetale:

- a) **disponibilità totale:** dove il livello effettivo della digestione è determinato dalla competizione tra i livelli di digeribilità e di flusso degli alimenti attraverso il digerente. Appartengono a questa classe tutte le sostanze contenute nel citoplasma (zuccheri, amido, lipidi, proteine e aminoacidi, acidi organici, minerali, vitamine);
- b) **disponibilità parziale:** oltre alla limitazione prima detta vi è quella dovuta a legami con la porzione disponibile, enzimaticamente non idrolizzabili. Vi appartengono i carboidrati strutturali quali la cellulosa e le emicellulose la cui disponibilità varia notevolmente con il tipo botanico e con il suo stadio di maturazione;
- c) **disponibilità nulla:** sono comprese la lignina, la cutina, i prodotti originatisi con la reazione di Maillard e altre sostanze indigeribili.

Il principio su cui si basano i metodi di analisi al detergente si basa sulla diversa solubilità dei carboidrati strutturali e dei costituenti del contenuto cellulare in ambiente acido, neutro e alcalino. Infatti, mentre le emicellulose sono solubili sia in ambiente acido che alcalino ma non in quello neutro, la cellulosa è solubile solo in ambiente molto acido e la lignina in ambiente alcalino

La caratterizzazione del contenuto in carboidrati strutturali secondo l'analisi "Van Soest" prevede il trattamento del campione con una soluzione a pH neutro (soluzione neutro-detergente) che solubilizza il contenuto cellulare mentre lascia nel residuo le pareti cellulari (normalmente dette NDF che deriva da Neutral detergent fibre) che sono costituite da emicellulose, cellulosa, lignina e ceneri insolubili in ambiente acido (silice).

Successivamente, si impiega una soluzione acida per solubilizzare le emicellulose; il residuo così ottenuto, fibra acido detergente o ADF viene trattato con una soluzione fortemente acida (H_2SO_4 , 72%) per solubilizzare la cellulosa, lasciando nel residuo lignina e ceneri acido solubili, che vengono separate per incenerimento in muffola. Più dettagliatamente si ha:

a) Fibra neutro detersa (NDF) – Il campione viene bollito per un'ora in una soluzione neutra (pH di circa 7) di sodio lauril solfato e di acido etilendiaminotetracetico (EDTA). Quasi tutte le sostanze contenute nel succo cellulare (minerali, vitamine, proteine e aminoacidi, acidi organici, lipidi e pigmenti, vitamine, ecc.) e le pectine vanno in soluzione e vengono quindi rimosse dal campione. L'amido non si idrolizza a pH 7 e quindi prima dell'analisi al detergente neutro va sottoposto all'attacco enzimatico (amilasi). Dopo il lavaggio con il detergente neutro il residuo è costituito da fibra resistente al detergente neutro o fibra neutro detersa o NDF nella quale sono incluse: emicellulose, cellulosa, lignina e cutina, cioè quell'insieme di sostanze nutritive non rapidamente né totalmente disponibili per l'animale. Peraltro, l'NDF essendo costituita soprattutto dalle frazioni strutturate dei carboidrati, esprime bene l'ingombro dell'alimento a livello ruminale e quindi un elevato contenuto in NDF equivale a un grande ingombro mentre un basso contenuto corrisponde a un piccolo ingombro. I vantaggi derivanti dalla determinazione dell'NDF rispetto alla FG possono essere evidenziati se consideriamo ad esempio un fieno di medica e uno di festuca i quali hanno entrambi un contenuto in fibra grezza del 33% circa rispetto alla S.S. ma quello di festuca ha un maggiore contenuto di NDF: utilizzando questi due foraggi come base foraggera della razione, a parità di minerali e proteine, l'ingestione alimentare e la produzione di latte sono più elevate negli animali che ingeriscono fieno di medica rispetto a quelle alimentati con la festuca.

e della cellulosa delle quali limita fortemente la digeribilità e quindi la disponibilità per l'animale. In media, ogni punto percentuale in più di lignina in rapporto alla S.S. aumenta di 3,8% la quantità di parete (NDF) non digeribile. Nel caso in cui l'ADF è determinato sull'ADF calcolato sul residuo NDF anziché direttamente sul campione esso risulterà leggermente inferiore (0,14% sulla S.S., nei concentrati). Tra gli alimenti concentrati, per uno stesso tenore in fibra grezza il tenore in ADL è estremamente variabile. La determinazione dell'ADL benché di notevole interesse teorico, ha avuto poca diffusione sia perché si tratta di un'analisi poco piacevole, con un reagente pericoloso da manipolare in un'analisi che sporca molto sia perché i valori di ADL sono sempre piuttosto bassi (1-14% della S.S.) e quindi le possibilità di errore sono elevate. La determinazione della lignina può essere effettuata anche mediante il metodo Christian, che prevede due attacchi sequenziali con acido solforico concentrato (72% in peso) e con soluzione detergente acida (etiltrimetilammoniobromuro) direttamente sul campione. In questo modo si ha l'idrolisi della cellulosa, emicellulose, estrattivi inazotati, proteine e grassi. Con questo metodo i passaggi analitici per la determinazione dell'ADL sono ridotti e quindi si riduce l'errore analitico e aumenta la riproducibilità dei risultati. Con il metodo Christian il contenuto in lignina risulta più elevato rispetto a quello determinato con il sistema van Soest, e ciò avviene soprattutto per gli alimenti lignificati come le paglie (3-5% in più sulla S.S.) per i quali il metodo Christian sembra preferibile.

Per **ceneri** si intende quella frazione dell'alimento ottenuta dall'incenerimento a 500-550 °C in muffola per 3 ore e, comunque, fino a quando tutto il carbonio è stato rimosso e rimane solo il contenuto inorganico. Va considerato che le ceneri contengono anche materiale di origine organica come zolfo e fosforo, contenuti nelle proteine mentre, non contengono sostanze inorganiche quali quelle a base di cloro, sodio, potassio, fosforo e zolfo che si volatilizzano durante la combustione, così come elementi quali lo iodio e il selenio.

Il termine sostanze minerali, con cui questa frazione è anche indicata non significa che i vari elementi siano tutti contenuti nel campione già allo stato inorganico. La percentuale in ceneri dei prodotti di origine animale fornisce una indicazione del loro contenuto in calcio e fosforo, perché il rapporto fra le ceneri totali e questi due elementi è piuttosto costante. Nel caso, invece, degli alimenti vegetali le sostanze minerali sono estremamente variabili, non solo per quantità, ma anche per composizione per cui il dato globale delle ceneri non consente illazioni sul significato nutritivo di questa frazione. La determinazione del contenuto in ceneri se non approfondita serve semplicemente come elemento di calcolo per risalire agli estrattivi inazotati o, per differenza alla sostanza secca, alla sostanza organica. Un rilievo importante fra le altre sostanze minerali può acquisire la silice per i mangimi composti contenenti sottoprodotti della lavorazione del riso. Le ceneri non contengono energia e quindi il loro contenuto negli alimenti, a parità di altre condizioni, è inversamente proporzionale al valore energetico dell'alimento. Valori molto elevati, rispetto a quelli mediamente riportati nelle tabelle, del contenuto in ceneri di un alimento stanno a significare che l'alimento è contaminato di terra oppure ad esso è stata aggiunta della sabbia, silice, sale o carbonato di calcio.

Gli **estrattivi inazotati** sono un gruppo di sostanze non classificate con i metodi precedenti analitici tra le quali i carboidrati solubili (amido, disaccaridi, monosaccaridi) detti estrattivi inazotati digeribili. La determinazione degli estrattivi inazotati grezzi non proviene dall'analisi chimica dal momento che viene ottenuta con la seguente formula:

E.I.G. = S.S. - (P.G. + L.G. + F.G. + ceneri)

Sul risultato si riversa, quindi, la somma algebrica degli eventuali errori commessi nelle varie fasi delle singole analisi.

La necessità di conoscere sempre più sia la composizione degli alimenti sia i fabbisogni nutritivi degli animali ha indotto a ricorrere ad analisi degli alimenti che un tempo venivano effettuate solo a scopi sperimentali. Fra esse ricordiamo soprattutto:

a) Determinazione dell'amido – Si utilizzano soprattutto due metodi:

- Polarimetrico mediante il quale l'amido viene idrolizzato con acido cloridrico e sulla soluzione ottenuta si effettua una misura del potere rotatorio della luce;
- Enzimatico che prevede la dispersione dell'amido e il suo trattamento con amiloglucosidasi e il glucosio che si ottiene viene misurato con lo spettrofotometro (metodo della glucosio-ossidasi).

Per alimenti contenenti amido (tuberi, cereali, crusconi) il metodo polarimetrico fornisce valori di 3-5 punti percentuali (sulla S.S.) superiori a quelli forniti dal metodo enzimatico. Inoltre, esso a causa dell'idrolisi delle pectine e delle emicellulose, causata dall'HCl, fornisce valori non trascurabili anche in alimenti che non ne contengono affatto quali le polpe di bietola.

b) Analisi qualitativa degli insilati: per i prodotti conservati mediante insilamento (foraggi, polpe di bietola pressate, trebbie di birra, scarti di frutta) né l'analisi tipo né quella delle frazioni fibrose sono sufficienti ad indicare la qualità del prodotto. Affinché l'insilamento abbia successo è necessario che si instaurino determinate fermentazioni che producendo acidi organici a partire dai glucidi solubili in acqua garantiscono una certa acidità dell'ambiente e quindi l'inattivazione di batteri, muffe e lieviti nocivi. Nell'alimento insilato bisogna trovare soprattutto acido lattico e, in minor misura, acido acetico mentre dovrebbero essere assenti o presenti solo in tracce l'ac. Propionico, l'ac. Butirrico e gli alcoli (soprattutto etanolo) che indicano un'attività dei lieviti. Gli acidi grassi volatili (acetico, propionico, butirrico) e gli alcoli vengono determinati mediante gascromatografia in fase gassosa mentre l'acido lattico è valutato mediante reazione enzimatica (metodo di Noll).

L'azoto ammoniacale nell'insilato non deve superare il 7% di quello totale ed esso sulla S.S. è così calcolato: $0,05147 \times \text{ppm NH}_3 / \% \text{ PG}$

Peraltro, negli insilati non è da trascurare la determinazione del pH e l'eventuale presenza di sostanze tossiche o indesiderabili.

La già citata legge 281/63 richiede poi dati analitici riguardanti:

- vitamine, antibiotici, elementi oligodinamici ed altri principi attivi per gli integratori ed i mangimi integrati;
- betacarotene per la farina di erba medica disidratata;
- cloruro di sodio per la farina di pesce;
- zuccheri totali per il melasso e le carrube.

Usualmente, per avere un'idea sulle caratteristiche generali dell'alimento sottoposto ad analisi chimica si dovrà tenere conto soprattutto: dell'umidità, della fibra grezza che oltre un certo limite, deprime la digeribilità abbassandone il valore nutritivo, e del contenuto in proteine che normalmente determina il prezzo dell'alimento e suggerisce la sua utilizzazione in funzione dell'età e dello stato fisiologico dell'animale e delle produzioni che si desiderano dall'animale stesso.

3.2 Valutazione fisiologica

I parametri che si considerano per la valutazione fisiologica di un alimento sono: digeribilità, relazione nutritiva, appetibilità, azione dietetica, conservabilità, equilibrio acido-basico, valore nutritivo.

3.2.1 Digeribilità

E' necessario conoscere il grado di utilizzazione dei vari principi nutritivi di cui l'alimento è portatore cioè la loro digeribilità o meglio il rapporto % fra le singole sostanze nutritive trattenute e le singole sostanze nutritive grezze contenute nell'alimento, rapporto che va sotto il nome di coefficiente di digeribilità (CD). Se non viene diversamente specificata, la digeribilità si riferisce alla sostanza secca (S.S.) dell'alimento.

DIGERIBILITA'

$$CD = \frac{\text{Alimento ingerito} - \text{alimento escreto}}{\text{Alimento ingerito}} \times 100 \quad \text{oppure}$$

$$CD = \frac{\text{Principi alimentari ingeriti} - \text{principi alimentari escreti}}{\text{Principi alimentari ingeriti}} \times 100$$

Questo coefficiente di digeribilità non è reale ma apparente perché:

a) con le feci vengono escrete sostanze estranee all'alimento quali:

- parte dei succhi digerenti
- muco
- cellule di sfaldamento degli epiteli
- microrganismi del rumine e del grosso intestino
- parte della fibra è trasformata in metano e CO₂

(nei bovini 1 g di cellulosa forma 100 ml di CO₂ e 35 ml di CH₄ nelle 24 ore)

Calcolo della digeribilità:

in vivo (monogastrici, poligastrici)

in vitro

Indicatori

$$CD = \frac{\text{g indicatore/Kg feci} - \text{g indicatore/Kg alimento}}{\text{g indicatore/Kg feci}}$$

Es: indicatore: alimento = 10 g/Kg, feci = 20 g/Kg

$$\text{Digeribilità} = \frac{20 - 10}{20} = 0,5 = 50\%$$

Indicatori più usati:

lignina

ossido di cromo (Cr₂O₃)

Per es. se una bovina ingerisce 5 kg di fieno al 90% di S.S. (quindi ingerisce 4,5 kg di SS) ed elimina 1,5 kg con le feci, la digeribilità della SS del fieno in oggetto sarà:
 $(4,5 - 1,5)/4,5 = 0,67$ oppure $(4,5 - 1,5)/4,5 \times 100 = 67\%$

I coefficienti di digeribilità possono essere determinati per tutti i componenti della sostanza secca: sostanza organica, azoto, estratto etereo, fibra neutro deterosa (NDF) e lo stesso dicasi per l'energia contenuta nell'alimento.

Così, ad esempio, se 5 becchi hanno ingerito 1,5 kg/capo/giorno di S.S. di fieno e la quantità di S.S. escreta con le feci è stata di 0,70 kg/capo/giorno e considerando che l'analisi del fieno e delle feci ha dato la seguente composizione (g/kg S.S.):

	Sostanza organica	Proteine Grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
Fieno	850	90	12	340	408
Feci	800	100	12	300	388

moltiplicando per 1,5 e 0,70 rispettivamente i contenuti del fieno e delle feci si ha:

	Sostanza secca	Sostanza organica	Proteine grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
Quota consumata -	1,5	1,275	0,135	0,018	0,51	0,612
Quota escreta =	0,70	0,56	0,07	0,0084	0,21	0,2716
Quota digerita	0,80	0,715	0,065	0,0096	0,30	0,3404

e i coefficienti di digeribilità saranno:

Sostanza secca	Sostanza Organica	Proteine grezze	Estratto Etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
0,80 : 1,5 = 0,53 (53%)	0,71 : 1,27 = 0,56 (56%)	0,06 : 0,13 = 0,48 (48%)	0,01 : 0,02 = 0,53 (53%)	0,3 : 0,51 = 0,59 (59%)	0,34 : 0,61 = 0,56 (56%)

e quindi la composizione del fieno in termini di principi alimentari digeribili è la seguente (g/kg S.S.):

Sostanza Organica	Proteine Grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi Inazotati
850 x 0,56 = 476	90 x 0,48 = 43,2	12 x 0,53 = 6,36	340 x 0,59 = 200,6	408 x 0,56 = 228,48

In questo caso è stato utilizzato del fieno, che può essere somministrato da solo agli animali; nel caso dei mangimi concentrati, i quali se vengono somministrati da soli possono causare disturbi digestivi, la loro digeribilità viene determinata somministrandoli insieme ad un foraggio di nota digeribilità. In questo esempio, i becchi hanno ingerito 1,5 kg di sostanza secca di fieno il cui contenuto in energia lorda è pari a 18.0 MJ/kg e quindi l'energia lorda consumata da ciascun animale è pari a $18 \times 1,5 = 27$ MJ. Gli 0,70 kg di S.S. delle feci contenevano 18,7 MJ/kg e quindi un totale di 13,09 MJ per giorno. La digeribilità apparente di quel fieno è risultata perciò (27 -

$13,1/27 = 13,9/27 = 0,515$ e l'energia digeribile contenuta nella sostanza secca dello stesso fieno è uguale: $18,0 \times 0,515 = 9,3$ MJ/kg.

In vivo, il coefficiente di digeribilità si calcola prendendo un gruppo di animali, tenuti singolarmente in box e muniti di mezzi idonei per la raccolta separata delle feci e delle urine. Gli animali sono alimentati per 7-14 giorni con l'alimento da esaminare il quale va accuratamente mescolato in modo da uniformarne la composizione. Successivamente, per un altro periodo di 8-10 giorni (a seconda della specie e della mole), sono controllati sia i quantitativi dello stesso alimento da ognuno assunto (ingesta), che i quantitativi delle feci e delle urine (separate), emesse (escreta). Nei monogastrici, le feci riferibili ad una data ingestione di cibo possono essere identificate mediante l'impiego di sostanze colorate indigeribili (ossido di ferro) aggiunta al primo ed ultimo pasto del periodo sperimentale: l'inizio e la fine della raccolta delle feci prendono posto, rispettivamente, alla comparsa e alla scomparsa dell'alimento colorato. Nei poligastrici, si considera che un lasso di tempo di 24-48 ore sia sufficiente per l'eliminazione dei residui e quindi il controllo delle feci inizia 1-2 giorni dopo la somministrazione dell'alimento da determinare; in essi non è possibile somministrare sostanze colorate per identificare l'alimento in quanto il pasto colorato si mescola con quello già presente nel rumine.

Nei mammiferi, vengono preferiti i maschi alle femmine perché in essi è più facile la raccolta separata delle feci e delle urine, si impiegano soggetti che stanno bene in salute e devono essere, preferibilmente, animali docili. Per i piccoli animali si impiegano gabbie metaboliche dove è possibile raccogliere separatamente le feci dalle urine invece, nei grossi animali (bovini, ovini) si usano sacchi di gomma, opportunamente adattati. Per le femmine, un dispositivo speciale consente di raccogliere le feci in un sacco e deviare le urine. Nei polli, la digeribilità è difficile determinarla in quanto le feci vengono eliminate insieme alle urine attraverso la cloaca; comunque, i composti presenti nelle urine sono soprattutto di natura azotata e le feci possono essere chimicamente separate dalle urine se i composti azotati delle prime possono essere separati da quelli fecali. Questa separazione è basata sul fatto che l'azoto urinario in maggior parte si trova sotto forma di acido urico, mentre la maggior parte dell'azoto fecale è sotto forma di proteine. E' anche possibile modificare l'anatomia dei polli con un intervento chirurgico in modo che l'emissione delle feci sia separata da quella delle urine.

Specie nei ruminanti, ai fini delle prove di digeribilità, i pasti devono essere somministrati ogni giorno alla stessa ora e la quantità di alimento non deve variare di giorno in giorno. Infatti, quando l'ingestione di alimento è irregolare può capitare, ad esempio, che se l'ultimo pasto del periodo di prova è insolitamente abbondante, il relativo aumento delle feci può verificarsi dopo che è stata ultimata la raccolta delle feci e, quindi, la produzione fecale verrebbe sottostimata e la digeribilità sovrastimata.

Quanto detto serve a impostare un bilancio fra ingesta ed escreta e calcolare percentualmente quanto è stato trattenuto, e quindi digeribile.

Il coefficiente così determinato è apparente perché:

- a) nei ruminanti dalla fermentazione dei carboidrati si forma, tra l'altro, il metano che non viene assorbito ma eliminato con l'eruttazione;
- b) le feci non sono costituite solo da alimenti non digeriti ma vi sono anche prodotti metabolici (microbi, cellule parietali, prodotti di scarto quali gli enzimi).

Un animale alimentato con un dieta priva di azoto continuerà ad eliminare azoto con le feci (azoto metabolico fecale) e l'eliminazione è correlata positivamente con la SS ingerita;

c) le feci sono ricche di sostanze estraibili con etere (non sono lipidi) e minerali (soprattutto calcio) di origine metabolica.

Un'altra differenza fra digeribilità apparente e reale scaturisce dalla conversione di sostanze che si trovano in una data frazione all'analisi dell'alimento (es. FG) e in un'altra all'analisi delle feci (es. negli estrattivi inazotati o nei lipidi). Ciò significa che la FG è stata trasformata in altre sostanze, non necessariamente digerite.

Considerando, comunque, che la determinazione della digeribilità reale è assai difficile: ai fini applicativi si riconoscono universalmente i coefficienti di digeribilità apparente.

3.2.2. Impiego degli indicatori per determinare la digeribilità

Quando è difficile determinare i consumi di alimento ingerito o di feci emesse individualmente (animali alimentati in gruppo) la digeribilità viene determinata aggiungendo all'alimento delle sostanze non digeribili (lignina) e determinando la concentrazione di queste sostanze sia nell'alimento, sia in campioni di feci di ciascun animale e la digeribilità è data dal rapporto fra le due concentrazioni. Ad esempio, se la concentrazione dell'indicatore è 5 g/kg S.S. nell'alimento e 10 g/kg S.S. nelle feci, vuol dire che metà della S.S. ingerita è stata digerita e assorbita dall'animale. La digeribilità in questo caso viene determinata applicando la seguente equazione: **(g indicatore/kg feci - g indicatore/kg alimento) : g indicatore/kg feci**. L'indicatore può essere un costituente naturale dell'alimento o una sostanza chimica: quest'ultima però è difficile mescolarla ad alimenti quali ad esempio il fieno ed in questo caso si utilizza un componente naturale dell'alimento che è noto per non essere digeribile, quale la lignina. Oggi si usano altri indicatori, quali la fibra acido detersa e le ceneri acido insolubili (sono formate principalmente da silice). Fra gli indicatori chimici quello più usato è il cromo sotto forma di ossido (Cr_2O_3), in quanto:

a) è pressoché insolubile, quindi, indigeribile;

b) è improbabile che sia presente come costituente importante dell'alimento.

Per l'erba consumata al pascolo, pur potendo utilizzare la lignina come indicatore in quanto è un costituente naturale dell'erba, il calcolo della digeribilità è più difficile e ciò perché è difficile ottenere campioni di erba che siano rappresentativi di quelli consumati. Gli animali al pascolo, infatti, scelgono le erbe più giovani e non quelle mature, le foglie e non gli steli e quindi è molto probabile che analizzando un campione di pascolo raccolto con la falciatrice contenga maggiori quantità di elementi fibrosi (lignina compresa) superiori rispetto a quelli contenuti nel foraggio consumato dall'animale. Per ottenere un campione rappresentativo si può usare un animale con fistola esofagea (apertura dal lume dell'esofago fino alla superficie della cute). Chiudendo quest'apertura con un tappo l'alimento passa dalla bocca allo stomaco se, invece, il tappo si toglie l'erba ingerita può essere raccolta in un sacco posto all'apertura della fistola. I campioni dell'erba così ottenuti possono essere analizzati ed il loro tenore in indicatore può essere confrontato con quello delle feci.

In vitro, la digeribilità si calcola utilizzando il metodo in << due tempi in vitro >>:

a) in un primo momento, si fa incubare, per 48 ore, il campione finemente macinato in liquido ruminale tamponato, in condizioni anaerobiche;

b) nel secondo tempo i batteri sono uccisi per acidificazione con HCl, fino a pH 2 e vengono poi digeriti, incubandoli con pepsina per oltre 48 ore. Il residuo insolubile viene filtrato, essiccato e calcinato; la sua sostanza organica, sottratta a quella presente nell'alimento, consente una stima della sostanza organica digeribile.

E' evidente che il processo digestivo preso a modello e schematizzato è quello dei poligastrici, perciò solo a questi vanno riferiti i risultati. La digeribilità determinata in

vitro, generalmente è più bassa di quella determinata in vivo ed esistono equazioni per passare dall'una all'altra. Oppure ad ogni lotto di campioni di alimento sottoposto ad analisi in vitro della digeribilità vengono associati alcuni campioni dei quali si conosce la digeribilità in vivo e la differenza media riscontrata, per tali campioni, tra i coefficienti di digeribilità in vivo e quelli in vitro viene sommata ai coefficienti di digeribilità in vitro dei campioni in esame per ottenere il valore di digeribilità corretto. Per ottenere risultati il più possibile ripetibili è necessario operare in condizioni standard non solo durante le analisi, ma anche a livello della dieta degli animali dai quali si preleva il liquido ruminale mediante apposita fistola, da utilizzare per la prima fase della digestione in vitro. Negli ultimi anni, per evitare di mantenere gli animali da cui prelevare il liquido ruminale, per la digeribilità in vitro anziché liquido ruminale si utilizzano enzimi cellulolitici che però danno risultati meno affidabili del liquido ruminale

La digeribilità in vitro viene attualmente impiegata per:

- a) valutazione dei foraggi aziendali;
- b) valutazione di campioni di piante destinate alla riproduzione;
- c) valutazione dell'erba ingerita al pascolo e raccolta da animali con fistola esofagea.

Il liquido ruminale viene raccolto da animali con fistola i quali possono essere anche utilizzati per la stima della digeribilità di piccoli campioni di alimento; questi campioni (3-5 g di S.S.) sono posti in sacchetti di fibra sintetica, permeabili con pori di misura standard (400-1600 μm^2). I sacchetti vengono posti nel rumine con una sonda e incubati per 24-48 ore, dopo vengono tolti, lavati ed essiccati per determinare la quantità di sostanza secca dell'alimento che vi è rimasta, cioè non digerita. Questa tecnica, detta tecnica della **digeribilità in sacco**, anche se trova dei problemi legati alla scelta del momento più appropriato di incubazione, trova applicazione nella valutazione delle singole proteine che vengono demolite a livello ruminale e della velocità con cui essa avviene.

La stima, invece, della digeribilità in base alla **composizione chimica** dell'alimento tiene conto del fatto che il contenuto delle frazioni fibrose nell'alimento condiziona fortemente la digeribilità globale e quella dei singoli principi nutritivi.

Mediante equazione di regressione lineare è possibile stimare la digeribilità dei dati analitici, nelle quali la variabile indipendente è rappresentata dal contenuto in fibra o lignina, infatti la digeribilità diminuisce con l'aumentare della fibra grezza passando dal 75-90% con un contenuto del 2% al 35-40% con un contenuto del 50%.

3.2.4. Fattori che influenzano la digeribilità

La digeribilità varia in funzione di diversi fattori fra i quali la composizione chimica degli alimenti ed eventuali trattamenti subiti, la specie animale.

a) Alimento - Il contenuto in protidi è correlato negativamente con la fibra grezza, per cui un alto contenuto in azoto è indice di buona digeribilità, soprattutto se le proteine sono di origine animale.

Un eccesso di amido e di zuccheri nella dieta dei poligastrici riduce la digeribilità della cellulosa in quanto i batteri sono portati ad utilizzare questi idrati di carbonio e trascurare la fibra. Per aumentare la digeribilità delle proteine e dei grassi è necessario che il rapporto adipo-proteico degli alimenti sia compreso tra 1/3 e 1/5 dato che un eccesso in grassi deprime appunto la digeribilità sia delle proteine che dei grassi. La digeribilità risulta correlata negativamente con la quantità di alimento ingerito.

c) Trattamenti degli alimenti – Sia i foraggi sia i concentrati possono essere sottoposti a trattamenti meccanici, fisici, chimici o a combinazione dei tre allo scopo sia

di migliorarne l'appetibilità e/o la digeribilità sia per diminuirne gli sprechi e facilitarne la manipolazione. I foraggi possono essere sottoposti a:

- **Trinciatura:** la trinciatura del foraggio a particelle di 2-3 cm consente da un lato una minore possibilità di selezione da parte dell'animale e dall'altro un aumento della quantità di foraggio ingerito infatti, il minor ingombro ruminale comporta una maggiore velocità di transito del foraggio attraverso il canale digerente. Quindi la trinciatura, specie se molto spinta, diminuisce la digeribilità dell'alimento, comunque, globalmente l'animale ricava più energia in quanto ha la possibilità di ingerire più sostanza secca.

Fattori che influenzano la digeribilità	
Specie Animale	Struttura anatomica Sviluppo dell'apparato digerente: masticazione, intensità nelle azioni enzimatiche dei succhi, velocità di passaggio degli alimenti, partecipazione dei batteri alla digestione della cellulosa
Preparazione degli alimenti	- Macinazione delle granaglie (suini) - Cottura (inutile per i suini) - Fiocatura (utile per soggetti da carne) - Trinciatura: non deve essere spinta)
Quantità alimento somministrato	è correlata negativamente con la digeribilità
Rapporto adipo/proteico	Deve essere compreso tra 1/3 - 1/5
Quantità di amido e zuccheri	se in eccesso nei ruminanti riduce la digeribilità della cellulosa
Contenuto in fibra grezza	2%: digeribilità = 75-90% 35-50%: digeribilità = 35-50%
Acqua Ingerita	elevata ingestione di acqua abbassa la digeribilità per diluizione dei succhi gastrici

- **Macinazione ed eventuale cubettatura:** tali processi alterano la struttura del foraggio e non va dimenticato che per i ruminanti, specie per quelli in lattazione, la struttura del foraggio assicura una struttura fisica della razione che è il presupposto indispensabile per una normale attività masticatoria e ruminativa dell'animale e costituisce il sistema più naturale e sicuro per minimizzare i rischi di forme di dismetaboliche.
- **Trattamento con soda o ammoniacale:** si pratica, soprattutto, per foraggi ricchi di lignina, quali le paglie e gli stocchi. L'ammoniaca e, soprattutto, la soda sono basi forti. Quest'ultima viene nebulizzata, sotto forma di soluzione al 30% di NaOH, sulla paglia in ragione di 12-15 litri/ql. Essa rompe i legami tra la lignina e le altre frazioni della parete cellulare rendendo queste ultime più digeribili (aumento dal 40 al 60%) dalla

microflora ruminale. Il trattamento con ammoniaca, in misura del 3-5% in peso della S.S., migliora in maniera meno soddisfacente rispetto alla soda la digeribilità (aumento del 10% circa) ma esso comporta un aumento del tenore azotato dell'alimento trattato. Entrambi i trattamenti sono poco praticabili a livello aziendale ma esistono delle ditte specializzate in tal senso. Il foraggio viene macinato, idrolizzato e poi pellettato. Per valutare se un foraggio è stato trattato con una dose sufficiente di soda basta misurare il pH, che dovrebbe essere intorno a 10. Infatti, concentrazioni di soda inferiori al 3% non aumentano sufficientemente la digeribilità e del valore nutritivo del foraggio però, concentrazioni elevate possono diminuire l'appetibilità per l'eccessiva compattezza del pellet che se ne ottiene.

I mangimi concentrati possono essere sottoposti a:

- macinazione: i semi possono essere macinati più o meno finemente; per i ruminanti la macinazione dovrebbe essere grossolana in quanto una macinazione fine, spesso seguita da pellettatura, causa un passaggio troppo veloce dell'alimento nel tubo digerente. Per i cereali ad alta fermentescibilità (orzo, frumento), la macinazione spinta della granella aumenta notevolmente la superficie esposta all'attacco degli enzimi amilolitici della microflora ruminale, con aumentato rischio di acidosi. Quindi, bisogna dosare nel tempo il rilascio di energia dai vari alimenti che compongono la razione: una quota deve essere disponibile subito per i ruminanti da latte, specie se ad elevata produzione, e quindi si utilizzano alimenti ricchi in amido e zuccheri ma il rilascio non deve essere eccessivamente concentrato in poco tempo. La macinazione delle granaglie sembra inutile per gli ovini e i caprini che masticano bene il cibo mentre, è efficace per i suini e per gli animali con dentatura inefficiente

- Rullatura a secco: i semi trattati in tal modo (schiacciati) rispondono bene ai requisiti di aumentare il livello di ingestione e della velocità di rilascio dell'energia senza alterare la funzionalità ruminale. Peraltro, questo trattamento è tra i più economici.

- Fiocatura: la fiocatura e, soprattutto, l'estrusione di un cereale comporta la rottura tra le diverse molecole di amido e un inizio di gelatinizzazione dell'amido stesso; una volta nel rumine i granuli di amido saranno attaccati velocemente dalla flora amilolitica e la loro idrolisi che era già iniziata con il trattamento di fiocatura o con quello di estrusione, verrà completata rapidamente; il glucosio prodotto verrà rapidamente fermentato ad acido piruvico e questo, a sua volta, verrà trasformato in acidi grassi volatili, soprattutto acido propionico. La forte produzione di questi acidi farà scendere il pH del rumine a valori inferiori a 6 o addirittura sotto il 5,5 e a questo punto la flora lattica prende il sopravvento e producendo acido lattico farà scendere ulteriormente il pH. Questo è il quadro dell'acidosi ruminale, nel corso della quale viene progressivamente inibito lo sviluppo dei batteri cellulolitici e quindi diminuisce la digeribilità delle componenti fibrose della razione e si ha: meno ruminazione, meno masticazione, minore produzione di saliva e, quindi, minore potere tampone nei confronti dell'acidità ruminale, ecc. Comunque, la fiocatura sembra utile negli animali da carne, soprattutto bovini.

- Cottura: in genere è inutile per suini e polli.

Per i ruminanti da latte, trattamenti quali la fiocatura, l'estrusione, la micronizzazione, la cottura a vapore devono essere limitati a pochi Kg di alimento (2 -3 per i bovini) somministrato insieme ad altri alimenti e possibilmente diluito durante la giornata, soprattutto, se il prodotto una volta fiocato o estruso viene macinato ed eventualmente pellettato. Tale pratica è adottata da diverse ditte mangimistiche per aumentare la concentrazione energetica di determinati mangimi composti; in effetti la femmina che ha partorito da poco e che si trova nella fase più produttiva di latte, risponde bene alla

somministrazione di cereali così trattati, visto il forte fabbisogno di energia prontamente utilizzabile per sostenere l'alta produzione di latte. Nei ruminanti è l'acido propionico il principale precursore del glucosio dal quale deriva a sua volta. Nel rumine l'amido dei cereali viene rapidamente idrolizzato a glucosio e questo fermenta ad acido propionico il quale viene assorbito attraverso la parete ruminale, attraverso il sangue arriva al fegato dove viene convertito in glucosio il quale raggiunge gli organi vitali e le cellule della ghiandola mammaria per la sintesi del lattosio. Considerando che c'è una correlazione positiva tra la sintesi di lattosio e la produzione di latte, i trattamenti prima citati sono in grado di aumentare la produzione di latte ma con il rischio di alterare l'equilibrio ruminale e dell'insorgenza di turbe dismetaboliche delle quali un abbassamento del contenuto in grasso del latte è frequentemente il primo e più evidente sintomo.

d) **Specie animale** - Le diverse capacità di digestione e di utilizzazione degli alimenti dipendono dalla struttura anatomica e dallo sviluppo dell'apparato digerente delle singole specie domestiche, nonché dal particolare decorso dei diversi atti fisiologici: dalla masticazione, alla intensità delle azioni enzimatiche dei succhi, alla velocità di passaggio degli alimenti, alla più o meno attiva partecipazione dei batteri alla digestione del celluloso. Le specie erbivore presentano una capacità di digestione della fibra grezza maggiore delle specie onnivore: in particolare i ruminanti sono degli eccellenti utilizzatori dei foraggi e degli altri alimenti ricchi di celluloso. Gli ovini rispetto ai bovini fanno registrare valori più elevati di digeribilità apparente dell'azoto e in generale degli alimenti molto digeribili ma coefficienti di digeribilità più bassi per le frazioni fibrose, specie se di foraggi qualitativamente scadenti e lignificati.

3.2.3. Relazione nutritiva

Nel preparare le razioni per gli animali è opportuno sapere per ognuno degli alimenti quale sia il rapporto fra il contenuto digeribile di idrati di carbonio e grassi (elementi energetici) e il contenuto in protidi digeribili (elementi plastici). Detto rapporto è denominato relazione nutritiva (RN) ed è indicato:

$$\text{R.N.} = (\text{Estrat. inazotati digeribili} + \text{Fibra diger.} + \text{Lipidi diger.} \times 2.25^{(1)}) / \text{Protidi digeribili.}$$

Ad esempio, per un alimento la cui costituzione in sostanze digeribili è: protidi 8,5%, lipidi 1,5%, estrattivi inazotati 30%, fibra 10,0% la relazione nutritiva sarà:

$$\text{RN} = ((1,0 \times 2,25) + 30 + 10) : 8,5 = 42,25 : 8,5 = 5 \text{ (stretta)}$$

La R.N. si dice bassa, media o alta quando il valore è rispettivamente di $1 \div 5$, 6 e >7 . Gli animali in pieno accrescimento e le femmine in lattazione richiedono una R.N. di 4-4.5 a 6-7; i soggetti in prestazione dinamica di 8,5-10, gli animali di riforma all'ingrasso di 9-11 e quelli adulti a riposo di $11 \div 14$.

La relazione nutritiva è solo un indice sintetico per giudicare se un alimento è più o meno idoneo per essere impiegato nella composizione di razioni per animali aventi differenti esigenze proteiche in funzione dell'energia digeribile totale della razione.

Nel razionamento dei polli e dei suini si tiene, invece, conto del rapporto energia metabolizzabile/proteina (EM/P); polli e suini, infatti, quando sono alimentati ad libitum limitano il loro consumo in alimenti al soddisfacimento delle loro esigenze energetiche.

¹Il contenuto in lipidi digeribili si moltiplica per 2,25 per equiparare il valore energetico dei lipidi a quello degli estrattivi inazotati e della fibra

EM : P = Energia metabolizzabile per Kg di mangime (Kcal/kg) / % di proteine grezze

Quindi è necessario che nel mangime siano, soprattutto, incluse sostanze proteiche in quantità percentuali sufficienti, da ciò il rapporto energia/proteina, anzidetto, che indica quanta E.M. ogni Kg di mangime deve fornire per ogni punto percentuale di proteina grezza contenuta nello stesso mangime, in modo che l'animale cui è destinato possa soddisfare ad un tempo le proprie esigenze energetiche e proteiche.

Alimenti con RN:		
bassa o stretta (<5)	Media (± 6)	alta (> 7)
Farina di sangue 0,1	crusca di orzo 6,0	avena macinata 7,2
Farina di carne 0,4	fieno ottimo di prato 6,0	mais 11,2
Farina di soia 0,9	Frumento macinato 6,6	polpe secche di bietola 13,2
Farina di lino 1,0	miglio 6,9	paglia di frumento 43,0
Farina di colza 1,5		tutoli di mais 50,0
Pisello da foraggio 2,4		
Semola glutinata di mais 2,5		
Erba di ottimo pascolo 3,5		
Erba di medica 3,6		
Crusca di frumento 4,3		

3.2.4. Equilibrio acido-basico

Nell'organismo animale la costanza della reazione (del pH) nel sangue e nei tessuti dipende da un complesso equilibrio fra l'entrata e l'uscita degli alimenti acidogeni (fosforo, cloro, zolfo, formatori di anioni) e degli alimenti alcalogeni (sodio, potassio, calcio, magnesio, formatori di cationi), con prevalenza di questi ultimi. Per mantenere lo stato acido-basico dei liquidi corporei nelle giuste condizioni, l'organismo si avvale di tre meccanismi basati: a) azione di sostanze tampone di natura chimica (bicarbonato, proteine protoplasmatiche, fosfati emoglobina); b) adattamento respiratorio delle concentrazioni dell'acido carbonico (la CO₂ che si forma nei processi respiratori reagisce con l'acqua formando acido carbonico); c) eliminazione di idrogenioni o bicarbonatoioni attraverso i reni.

Alterazioni dello stato acido-basico a livelli tali che i normali meccanismi di regolazione non sono in grado di correggere portano a disturbi di acidosi se le quantità totali di acidi nei liquidi corporei sono superiori a quelli normali; di alcalosi nei casi in cui sono le basi a porsi a livelli superiori a quelli normali.

La reazione acida o basica che l'alimento viene a formare nel corpo dipende perciò non dall'acidità o basicità misurabile nella dieta alimentare bensì dalla composizione quanti-qualitativa in sostanze minerali degli alimenti stessi; anche gli acidi organici (citrico, malico, ossalico, lattico, acetico, propionico, butirrico, ecc.) presenti negli alimenti o formati a livello digestivo perciò non concorrono a formare un eccedente acido in quanto dopo la loro demolizione digestiva e la successiva ossidazione a livello metabolico, lasciano in genere un residuo basico.

Per valutare l'influenza degli alimenti sull'equilibrio acido-basico dell'organismo a livello metabolico è stato proposto di calcolare, in base all'analisi delle ceneri, le differenze fra elementi acidi e basici (denominata residuo acido o basico), esprimendo questo valore in grammi equivalenti di acido o di base in soluzione normale per Kg di

alimento. Soprattutto, nelle femmine in lattazione e negli animali in accrescimento si devono somministrare mangimi con eccedente basico di 0,5-0,8 per Kg di sostanza secca ingerita.

3.2.5. Appetibilità

L'appetibilità riveste molta importanza nella valutazione degli alimenti. L'odore, il sapore e la gustosità di un alimento eccitano i centri nervosi e stimolano l'appetito, favorendone l'assunzione da parte dell'animale. Sono detti di buona bocca gli animali che consumano volentieri e con profitto anche gli alimenti più scadenti. L'indice di assunzione volontaria di cibo da parte dell'animale è subordinata al contenuto in alimenti del tubo digerente, ed è principalmente in funzione del grado di rapidità con cui la fibra viene demolita e trasformata e, quindi, dalla velocità del complesso della digestione della razione; velocità che dipende dalla microflora ruminale e/o intestinale: alcuni, inerenti alla natura del foraggio (lignificazione dei tessuti) altri, da fattori relativi alla costituzione della dieta (deficienza azotata o minerale, presenza di sostanze batteriostatiche che portano ad una parziale inattività della microflora).

La gustosità di un alimento è determinata dalla sua composizione in alcuni specifici costituenti chimici che attribuendo odori o sapori particolari, ne condizionano l'appetibilità da parte dell'animale. In genere, l'animale si abitua gradatamente a gradire un determinato alimento. Gli alimenti possono essere resi gustosi aggiungendo particolari prodotti (melasso, sale pastorizio, sostanze aromatizzanti), in qualità di condimenti.

3.2.6. Conservabilità

La conservabilità degli alimenti dipende dalle caratteristiche intrinseche dell'alimento stesso quali l'umidità (non deve superare il 15% nel fieno e nella paglia e il 10% nella farina). Percentuali di grasso superiori al 5-6% possono provocare irrancidimento.

3.2.7. Azione dietetica

Prima di far entrare un alimento nella razione bisogna accertarsi che la somministrazione nelle dosi e nel tempo che si ritengono opportuni non sia dannosa per gli animali e non sia fattore di abbassamento o deprezzamento della produzione. Ad esempio, non deve abbassare la produzione di latte, né conferire cattivi odori o sapori al latte, oppure nuocere alle caratteristiche di caseificazione del latte. L'alimento non deve avere effetti negativi sulla funzionalità digerente (stipsi, diarrea), non deve apportare caratteristiche negative nei depositi adiposi (grasso giallo o particolarmente molle), non deve provocare stati di tossicità o fenomeni di irritazione delle mucose o lasciare residui di metalli pesanti e/o di prodotti chimici (diserbanti, anticrittogamici) che possono passare al latte o alla carne, provocando fenomeni di accumulo.

CAP. IV. UTILIZZAZIONE BIOLOGICA DEGLI ALIMENTI

4.1. Produzione energia

L'animale è una macchina chemiodinamica nella quale l'energia viene fornita dagli elettroni dei legami covalenti delle sostanze nutritive che vengono scissi nel corso dei fenomeni metabolici. Bruciando un campione di un alimento nella bomba calorimetrica, attraverso il suo calore di combustione si può definire la quantità di energia chimica potenziale che lo stesso alimento possiede cioè la sua Energia Lorda Totale (E.L.). La bomba calorimetrica consiste in un robusto recipiente metallico (bomba) inserito in un serbatoio isolato contenente acqua. Il campione di alimento viene messo nella bomba dove viene posto ossigeno sotto pressione. Controllata la temperatura dell'acqua, si avvia la combustione dell'alimento con un meccanismo elettrico. Il calore prodotto dalla ossidazione è assorbito dalla bomba e trasmesso all'acqua che la circonda. Ad equilibrio raggiunto, si rileva nuovamente la temperatura dell'acqua. Il calore prodotto è poi valutato dall'aumento della temperatura e dal peso dell'acqua presente nel calorimetro e dal calore specifico dell'acqua e della bomba. La bomba calorimetrica è usata per determinare il contenuto in energia lorda degli alimenti interi e dei loro costituenti e quello dei tessuti animali e dei prodotti di escrezione. In pratica però per la stima dell'energia lorda di un alimento si parte dalla sua composizione chimica grezza applicando i seguenti coefficienti:

proteine	5,40 Kcal/grammo	
lipidi	9,72	"
fibra grezza	4,59	"
estrattivi inazotati	4,24	"

I grassi contengono una quantità di energia che è di circa 2,25 volte quella degli idrati di carbonio e delle proteine e ciò è dovuto al diverso rapporto (**Carbonio+Idrogeno**)/**Ossigeno** che è maggiore nei grassi; cioè questi ultimi si trovano in uno stato di minore ossidazione e sono perciò in grado di sviluppare maggiore energia quando vengono ossidati. Anche le proteine hanno un più alto contenuto in energia lorda, rispetto ai carboidrati. Mediamente, i comuni alimenti contengono circa 18,5 MJ/Kg di sostanza secca, ne contengono quantitativi maggiori quelli ricchi in grasso (panello di lino) e quantitativi inferiori alla media gli alimenti ricchi in ceneri le quali non forniscono energia.

Energia lorda contenuta in alcune sostanze

Sostanza	MJ*/Kg di sostanza secca	Sostanza	MJ*/Kg di sostanza secca
Principi alimentari:		Alimenti:	
Glucosio	15,6	Granella di mais	18,5
Amido	17,7	Granella di avena	19,6
Cellulosa	17,5	Paglia di avena	18,5
Caseina	24,5	Farina estr. lino	21,4
Grasso del latte	38,5	Fieno di prato	18,9
Grasso semi oleaginosi	39,0	Latte al 4% di grasso	24,9
Prodotti delle fermentazioni:		Tessuti animali privi di ceneri:	
Ac. Acetico	14,6	Muscolo	23,6
Ac. Propionico	20,8	Grasso	39,3
Ac. Butirrico	24,9		
Metano	55,0		

* 1 MJ = 239 Kcal

Nelle varie tappe dell'utilizzazione da parte dell'animale, si verificano delle perdite di energia lorda:

- con la digestione una parte di energia passa nelle feci assieme ad una quota di alimento indigerito (10-30% nei monogastrici e 20-50% nei poligastrici)² mentre, la rimanente, detta energia digeribile (E.D.), rimane a disposizione dell'animale;

Calcolo energia digeribile di un fieno somministrato ad un ovino

1) Fieno (S.S.) somministrato all'ovino (Kg/capo/d) =	1,50 Kg
2) Alimento eliminato con le feci (S.S.) =	0,70 Kg
3) Fieno digerito	0,80 Kg
3) Energia lorda per Kg di S.S. di fieno =	18,0 MJ
4) Energia per Kg di feci =	18,7 MJ
- Energia lorda ingerita = $18 \times 1,5 =$	
	27,0 MJ
- Energia eliminata con le feci = $18,7 \times 0,70 =$	
	13,1 MJ
- Energia trattenuta = $27 - 13,1 =$	
	13,9 MJ
- Digeribilità (apparente) = $(27 - 13,1)/27 =$	
	0,515
- Energia digeribile contenuta nel fieno = $18 \times 0,515 =$	
	9,3 MJ/Kg

- all'E.D., per ottenere l'energia metabolizzabile (E.M.), va sottratta l'energia eliminata con le urine (urea, 3-5% dell'E.L.) e con i gas di fermentazione gastro-intestinale (metano, 4-10% dell'E.L. nei ruminanti, invece nei monogastrici tale perdita è trascurabile. L'energia dell'urina è dovuta a sostanze che contengono azoto, come l'urea, l'acido ippurico, la creatinina e l'allantoina, ed anche composti non azotati come l'acido glucuronico e l'acido citrico. I gas combustibili persi dal ruminante sono quasi interamente rappresentati da metano, la cui produzione è strettamente legata alla ingestione di alimento; al livello alimentare di mantenimento si perde circa l'8% dell'energia lorda (12% di quella digeribile) come metano. A livelli alimentari più elevati, questa proporzione si riduce al 6-7% e il calo è maggiore con alimenti altamente digeribili. Il contenuto in energia metabolizzabile di un alimento si valuta con prove di alimentazione simili a quelle di digeribilità ma bisogna raccogliere oltre le feci anche l'urina e il metano. Le gabbie metaboliche per ovini e suini sono dotate di un dispositivo per la raccolta delle urine. Nei bovini le urine vengono raccolte con sacchi di gomma attaccati sotto l'addome nei maschi e sopra la vulva nelle femmine; per gravità o per aspirazione l'urina finisce poi nei sacchi di raccolta. La quantità di metano prodotta viene misurata ponendo l'animale nella camera respiratoria e quando non si dispone di ciò essa viene calcolata pari all'8% dell'energia ingerita; inoltre nei ruminanti può essere ottenuta moltiplicando per 0,8 l'energia digeribile, ciò significa che circa il 20% dell'energia digeribile è escreta con le urine e con il metano. Nei polli, le feci e le urine vengono escrete insieme per cui la valutazione dell'energia metabolizzabile diviene più facile. I polli adulti vengono messi a digiuno fino a completo svuotamento dell'apparato digerente, poi vengono alimentati forzatamente con un solo pasto dell'alimento in esame. Le escrete vengono raccolte fino a completa

²Essa è tanto più elevata quanto più l'alimento è ricco di cellulosa. Nei ruminanti aumenta quando l'alimento è macinato finemente, dato che si riduce il suo tempo di permanenza nel rumine ed è ridotta l'intensità della degradazione microbica

eliminazione del pasto; contemporaneamente vengono raccolte le piccole quantità di escreta di altri polli tenuti a digiuno per valutare le perdite endogene. L'energia di queste ultime escreta viene tolta dall'energia delle escreta degli animali alimentati, per poter stimare l'energia metabolizzabile reale e non quella apparente. I principali fattori che influiscono sul valore dell'energia metabolizzabile di un alimento sono gli stessi che influiscono sulla digeribilità dell'alimento.

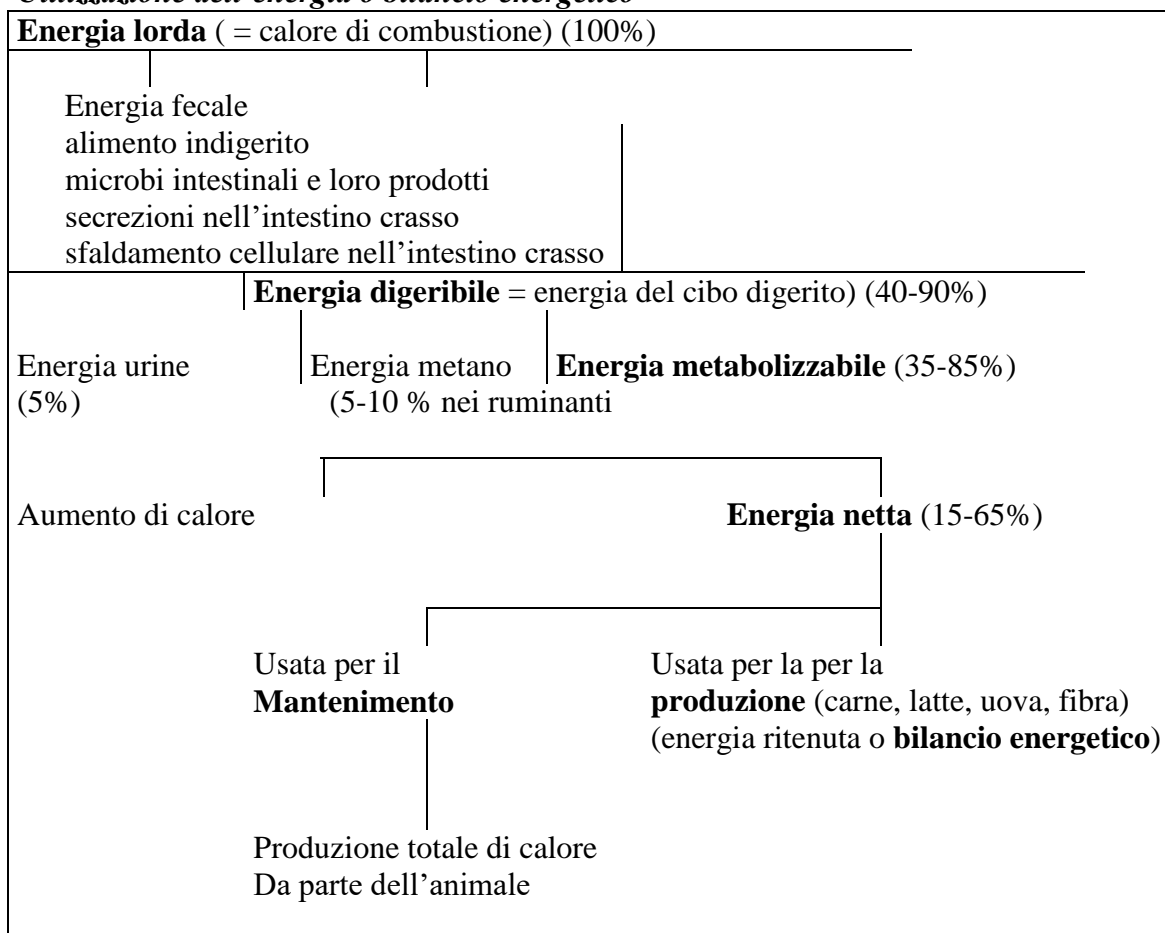
Determinazione energia contenuta in alimenti destinati a ruminanti
<p>Energia lorda: (Hoffmann e Schiemann, 1980):</p> <p>EL (MJ/Kg S.S.) = 0,239 x PG + 0,398 x LG + 0,200 x CG + 0,175 x EI</p> <p>dove PG, LG, CG, ed EI sono i contenuti (% sulla S.S.) di proteina grezza, lipidi grezzi, cellulosa grezza ed estrattivi inazotati;</p> <p>Energia digeribile: (Hoffmann e Schiemann, 1980):</p> <p>ED (MJ/Kg S.S.) = 0,239 x PG x dPG + 0,379 x LG x dLG + 0,183 x Cg x dCG + 0,170 x EI x dEI</p> <p>Energia metabolizzabile: (Nehring e Haenlein, 1973):</p> <p>EM (MJ/Kg S.S.) = 0,181 x PG x dPG + 0,323 x LG x dLG + 0,150 x CG x dCG + 0,152 x EI x dEI.</p>

- l'E.M. subisce un' ulteriore perdita dovuta al dispendio per l'utilizzazione degli alimenti (digestione, fermentazione, assimilazione) e alla conseguente produzione di calore irradiato (extracalore) dovuto all'azione dinamico-specifica degli alimenti (per ottenere l'effetto utile di 100 Kcal occorre somministrare agli animali 105 Kcal se trattasi di glucidi, 114 se sono lipidi e 130 nel caso delle proteine); l'azione dinamico-specifica è lo stimolo metabolico che le sostanze nutritive assorbite, specie aminoacidi, esercitano con conseguente esaltata termogenesi. L'ingestione di un alimento è seguita da perdite di energia sotto forma di calore prodotto dall'animale ed eliminato nell'ambiente o direttamente (radiazione, conduzione, convezione) o indirettamente attraverso l'evaporazione di acqua. Se ad un animale a digiuno viene somministrato dell'alimento, la sua produzione di calore aumenta (incremento metabolico) e l'incremento può essere espresso in termini assoluti (MJ/kg di S.S. di alimento) o relativi, quale proporzione dell'energia lorda o dell'energia metabolizzabile.

La principale causa di questo incremento di calore è il limitato rendimento energetico delle razioni attraverso le quali i principi nutritivi assorbiti vengono metabolizzati.

Un consumo di energia si verifica per la masticazione dell'alimento e per il suo transito lungo il canale digerente e siccome l'energia chimica usata dall'organismo per qualsiasi lavoro è degradata a calore, ne consegue inevitabilmente un incremento di calore prodotto. Altro lavoro svolto all'interno dell'organismo è il movimento di sostanze (ioni Na⁺, K⁺) contro gradienti di concentrazione; anche questo lavoro comporta un consumo di legami fosforici altamente energetici.

Utilizzazione dell'energia o bilancio energetico



Nei ruminanti, una parte dell'energia che è persa come calore deriva dall'attività dei microrganismi che vivono nell'apparato digerente; questa quota è nota come calore di fermentazione ed è stimata pari al 5-10% dell'energia lorda dell'alimento.

Tolte queste perdite dall'E.M. rimane l'energia netta (E.N.) che servirà all'animale per il suo mantenimento fisiologico (ENm) e per le sue produzione (ENp).

L'energia netta di mantenimento serve all'animale per espletare le funzioni fisiologiche vitali (respirazione, circolazione, secrezioni endocrine ed esocrine, nonché il tono muscolare che costituiscono il metabolismo basale), per il lavoro muscolare dei movimenti spontanei e per la termoregolazione.

L'energia di mantenimento e gravidanza (ENmg) oltre che per il mantenimento serve per gli invogli fetali, i fluidi fetali, l'accrescimento del feto, dell'utero e della placenta. L'ENa (accrescimento) soddisfa le esigenze dipendenti dall'incremento ponderali dei tessuti e dei depositi di grasso. L'ENI (lattazione) serve all'animale per sopperire ai fabbisogni relativi alla produzione di latte in funzione della quantità e del tenore lipidico. L'ENpd (prestazioni dinamiche) serve a sopperire ai fabbisogni relativi a prestazioni dinamiche (lavoro, traino, corsa).

4.2. Metodi di misura del calore prodotto e ritenzione di energia

La produzione di calore può essere valutata direttamente con mezzi fisici, con l'impiego di un calorimetro per l'animale (calorimetria diretta) oppure si stima

controllando gli scambi respiratori dell'animale, mediante camera respiratoria (calorimetria indiretta).

Calorimetria diretta

Nelle 24 ore, la perdita di calore da parte dell'animale è uguale a quello prodotto e la perdita si ha per irradiazione, conduzione, convezione e per evaporazione di acqua dai polmoni. Le perdite per evaporazione si valutano controllando il volume dell'aria che è aspirata nella camera e misurando il suo livello di umidità all'entrata e all'uscita. Nella maggior parte dei calorimetri, la perdita di calore è desunta dalla quantità di acqua che circola nella camera e dalla differenza della sua temperatura all'entrata e all'uscita del calorimetro. L'incremento metabolico dovuto ad un alimento allo studio è dato dalla differenza del calore prodotto dall'animale a due livelli alimentari.

Calorimetria indiretta.

I carboidrati, i grassi e le proteine vengono ossidati dall'organismo animale con produzione di calore come negli esempi:

a) glucosio: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 > 6 CO_2 + 6 H_2O + 2,82 MJ$

b) tripalmitina: $C_3H_5(OOC.C_{15}H_{31})_3 + 72,5 O_2 > 51 CO_2 + 49 H_2O + 32.04 MJ$

In un animale che copre tutto il fabbisogno energetico ossidando solo glucosio, il consumo di un litro di ossigeno corrisponde alla produzione di $2828/(6 \times 22,4) = 20,95$ kJ di calore. Questi valori sono noti come equivalenti termici dell'ossigeno e sono usati in calorimetria indiretta per valutare la produzione di calore a partire dal consumo di ossigeno.

In un animale che catabolizza solo miscele di grassi, l'equivalente termico dell'ossigeno è 19,61 kJ/l ed è 19,73 kJ/l se calcolato con l'equazione b) sopra riportata. In genere, però, gli animali traggono la loro energia da una miscela di principi nutritivi e quindi è necessario conoscere quanto ossigeno è stato consumato per ogni principio nutritivo. Per conoscere ciò si parte dal quoziente respiratorio (QR) che è il rapporto fra volume di CO₂ prodotta e volume di O₂ consumato dall'animale. Considerando che, in determinate condizioni di temperatura e pressione, eguali volumi di gas contengono un eguale numero di molecole, il QR può essere calcolato dalle molecole di CO₂ prodotte e di O₂ consumato. Dall'equazione a) il QR dei carboidrati risulta $6 CO_2 / 6 O_2 = 1$ e dall'equazione b) quello dei grassi risulta $51 CO_2 / 72,5 O_2 = 0,70$.

Se il QR di un animale è noto, le proporzioni in cui i carboidrati e i grassi sono stati ossidati possono essere determinate usando delle apposite tabelle. Per esempio, un QR di 0,9 indica che è stata ossidata una miscela del 67,5% di glucidi e 32,5% di grassi; l'equivalente termico per questa miscela è quindi 20,60 kJ/l. Nella miscela ossidata sono, in genere, presenti anche proteine e la quantità di proteine catabolizzate può essere stimata dall'azoto eliminato con le urine, tenendo presente che ad ogni grammo di proteina ossidata corrisponde l'escrezione urinaria di 0,16 g di azoto (N). Il calore medio di combustione delle proteine è di 22,2 kJ/g ma varia con la composizione in aminoacidi; peraltro, considerando che le proteine non vengono ossidate completamente, in quanto l'azoto non viene ossidato, il calore prodotto dal catabolismo di un g di proteina diventa 18,0 kJ. Per le proteine il QR è di 0,8 infatti, per ogni g di proteina ossidata si producono 0,77 l di CO₂ e si consumano 0,96 l di O₂.

Calcolo della produzione di calore di un bovino desunta dagli scambi respiratori e dalla escrezione urinaria di azoto

Risultati delle prove per 24 ore		
O ₂ consumato		392,0 l
CO ₂ prodotta		310,7 l
N escreto con le urine		14,8 g
Calore per il metabolismo proteico		
Proteine ossidate	14,8 x 6,25	92,5 g
calore prodotto	92,5 x 18,0	1665 kJ
O ₂ consumato	92,5 x 0,96	88,8 l
CO ₂ prodotta	92,5 x 0,77	71,2 l
Calore per il metabolismo glucidico e lipidico		
O ₂ consumato	392,0 - 88,8	303,2 l
CO ₂ prodotta	310,7 - 71,2	239,5 l
QR per quota non proteica		0,79
equivalente termico dell'O ₂ per QR = 0,79		20,0 kJ/l
calore prodotto	303,2 x 20,0	6064 kJ
Produzione totale di calore	1665 + 6064	7729 kJ

Per semplicità, alcune volte la produzione di calore viene calcolata controllando solo il consumo di ossigeno. In questo caso se si adotta un QR di 0,82 ed un equivalente termico dell'ossigeno di 20,0, l'errore della stima non dovrebbe superare il 3,5%. Inoltre, considerando che l'equivalente termico dell'ossigeno per l'ossidazione delle proteine è di 18,8 kJ/l e non è molto diverso da 20,0 utilizzato per l'ossidazione dei carboidrati e i lipidi, se il calore prodotto dalle proteine è solo in piccola parte non si ritiene dover fare una valutazione separata e quindi la determinazione dell'azoto escreto con le urine può essere tralasciata.

L'apparecchiatura più comunemente usata per misurare gli scambi respiratori negli animali è la camera respiratoria che può essere a circuito chiuso o a circuito aperto.

Misura della ritenzione di energia mediante il bilancio del carbonio e dell'azoto.

Nell'animale in accrescimento o all'ingrasso, l'energia viene immagazzinata soprattutto sotto forma di proteine e di grassi, mentre le riserve glucidiche sono modeste e relativamente costanti. Le quantità di proteine e di grassi sintetizzati possono essere stimate misurando la quantità di carbonio e azoto in entrata e in uscita dall'organismo e quindi per differenza, le quantità ritenute. L'energia ritenuta può essere calcolata moltiplicando le quantità dei principi alimentari immagazzinati per i rispettivi valori calorici. Sia l'azoto che il carbonio entrano nell'organismo solo con gli alimenti però mentre l'azoto lascia l'organismo con le feci e le urine, il carbonio è rilasciato anche come metano e anidride carbonica e, quindi, la determinazione richiede la camera respiratoria. Le modalità per calcolare l'energia accumulata, partendo dai dati ottenuti con il bilancio del carbonio e dell'azoto, sono più facilmente illustrate considerando un animale che abbia sintetizzato sia grasso che proteine; in tale animale, le quantità di carbonio e di azoto sono maggiori di quelle escrete (bilancio positivo). La quantità di proteine immagazzinate è calcolata moltiplicando l'azoto trattenuto x 6,25 (100/16) considerando che le proteine corporee contengono 16% di N.

Calcolo dell'energia ritenuta (e del calore prodotto) nella pecora			
Risultati dell'esperimento (per 24 ore)	C (g)	N (g)	Energia (MJ)
Entrate	684,5	41,67	28,41
Escrezioni con le feci	279,3	13,96	11,47
Escrezioni con le urine	33,6	25,41	1,50
Escrezioni come metano	20,3	-	1,49
Escrezioni come CO ₂	278,0	-	-
Bilancio	73,3	2,30	
Energia metabolizzabile disponibile	-	-	28,41 - 14,46 = 13,95
Immagazzinamento di proteine e grasso			
Proteine immagazzinate	2,30 x 6,25 =		14,4 g
Carbonio ritenuto come proteine	14,4 x 0,512 =		7,4 g
Carbonio ritenuto come grassi	73,3 - 7,4 =		65,9 g
Grassi immagazzinati	65,9 : 0,746 =		88,3 g
Ritenzione di energia e produzione di calore			
Energia ritenuta come proteine	14,4 x 23,6 =		0,34 MJ
Energia ritenuta come grassi	88,3 x 39,3 =		3,47 MJ
Totale energia ritenuta	0,34 + 3,47 =		3,81 MJ
Produzione di calore	13,95 - 3,81 =		10,14 MJ

Le proteine contengono anche 512 g di C/kg e basandoci su questo dato è facile stabilire quanto carbonio è stato impegnato per la sintesi proteica. Il resto del C trattenuto è immagazzinato come grassi e siccome questi contengono 746 g C/kg, le quantità accumulate si ottengono dividendo per 0,746 il dato relativo al bilancio del C, diminuito della quota di questo elemento utilizzata per la sintesi delle proteine. L'energia corrispondente alle proteine ed ai grassi sintetizzati è valutata usando i valori calorici medi dei tessuti corporei, che variano da una specie all'altra. Per i bovini e gli ovini vengono consigliati: 39,3 MJ/kg per i grassi e 23,6 MJ/kg per le proteine.

CAP. V. DETERMINAZIONE DEL VALORE NUTRITIVO DEGLI ALIMENTI

5.1 Generalità

La determinazione del valore nutritivo degli alimenti ha sempre rivestito un ruolo centrale negli studi dei nutrizionisti. Per un razionamento scientifico degli animali bisogna affrontare due problemi principali:

- a) la valutazione dei loro fabbisogni in principi alimentari;
- b) la scelta degli alimenti che possano soddisfare queste esigenze.

Per i fabbisogni dell'animale si prendono in considerazione, soprattutto, quelli energetici e ciò perché i principi alimentari che forniscono energia sono quelli più rappresentati negli alimenti e, quindi, se una razione dovesse essere formulata tenendo soprattutto conto degli altri fabbisogni, se poi dovesse essere carente da un punto di vista energetico richiederebbe un cambiamento radicale. Invece, una carenza di minerali o vitamine può essere corretta aggiungendo alla razione degli integratori. Altra caratteristica che distingue i principi apportatori d'energia dagli altri è il modo in cui le prestazioni produttive rispondono alle quantità fornite. La disponibilità d'energia imprime il passo all'attività produttiva e l'animale dimostra di rispondere regolarmente ad ogni cambiamento dell'apporto energetico. Quando, però, altri principi sono disponibili in quantità appena sufficienti, rispetto al fabbisogno, è probabile che l'animale ingerisca una maggiore quantità d'energia. Così facendo, si ha un accumulo di grasso di deposito e di conseguenza potrebbe aumentare il fabbisogno di minerali e vitamine coinvolti nei sistemi enzimatici della lipogenesi e allora si potrebbe instaurare una carenza di questi principi. Da ciò la conclusione che ci deve essere un buon equilibrio fra l'apporto d'energia e gli altri principi nutritivi della dieta.

L'energetica alimentare si occupa di due aspetti importanti:

- a) la misura del valore energetico degli alimenti;
- b) la misura dei fabbisogni energetici degli animali.

Il valore energetico degli alimenti può essere espresso in energia: lorda, digeribile, metabolizzabile, netta. L'energia netta sembrerebbe l'espressione più logica in quanto rappresenta direttamente l'energia richiesta dall'animale. Il metodo dell'energia netta non è, comunque, così semplice come può sembrare in quanto i singoli alimenti dimostrano un valore in energia netta che varia per le differenti funzioni animali (mantenimento, produzione della carne, produzione del latte) e quindi le tavole che riportano il valore nutritivo degli alimenti dovrebbero indicare due o più valori di energia netta per ogni alimento; ciò significa che i metodi di razionamento basati sull'energia netta sono molto approssimativi. Invece, il valore nutritivo in energia metabolizzabile può essere espresso, con maggiore approssimazione, con un unico valore ed è per questo che l'energia metabolizzabile viene di preferenza usata per indicare il valore nutritivo degli alimenti in parecchi metodi di razionamento. Con l'energia metabolizzabile, però, il valore nutritivo degli alimenti ed i fabbisogni degli animali non sono direttamente paragonabili, in quanto l'energia metabolizzabile, a differenza di quella netta, non rappresenta direttamente l'energia richiesta dall'animale. Per superare l'ostacolo bisogna poter calcolare l'equivalenza fra energia metabolizzabile ed energia netta in ogni specifica situazione di razionamento; cioè bisogna conoscere il rendimento con il quale l'energia metabolizzabile è utilizzata per le varie produzioni (carne, latte, uova).

Una grande attenzione è stata rivolta alla formulazione di unità di misura del valore energetico degli alimenti di facile applicazione. I metodi per valutare il valore energetico degli alimenti attualmente utilizzati sono: unità amido, unità foraggiere, il T.D.N. e l'energia netta.

5.2 Metodo delle unità amido

Il metodo è stato messo a punto da Kellner e prende come unità di misura del valore nutritivo l'energia contenuta in un Kg di amido; l'unità amido (U.A.) rappresenta un'unità di energia netta corrispondente a **2356 Kcal**. Le prove di alimentazione sono state condotte in camere respiratorie su bovini adulti di 600-650 Kg di peso vivo; fu stabilita la razione di mantenimento, con la cui somministrazione gli animali non manifestavano variazioni di peso, poi sono state aggiunte nella dieta di base quantità unitarie di vari principi nutritivi e di foraggi. Le prove furono fatte in camera respiratoria per avere la possibilità di effettuare il bilancio del carbonio e dell'azoto e, quindi, determinare il guadagno o la perdita dell'organismo. Di seguito si riporta un esempio ripreso dal Borgioli:

	Azoto		Carbonio	
	Entrata g	Uscita g	Entrata g	Uscita g
Alimenti	390,55		5.668,2	
Feci		105,69		1.456,9
Urina		263,76		283,3
Gas respiratori e digestivi		-		3.247,9
Guadagno	-	+ 21,10	-	+ 680,1
Totali	390,55	390,55	5.668,2	5.668,2
Proteine sintetizzate dall'organismo = $21,6 \times 6 = 126,6$ g				
Contenuto delle proteine in C: $126,6 \times 0,5254 = 66,5$ g				
Carbonio fissato sotto forma di grassi: $680,1 - 66,5 = 613,6$ g				
Grasso sintetizzato dall'animale: $613,6 \times 1,307 = 802,2$ g				

Il bilancio dell'animale si chiude con un guadagno di 21,1 g di azoto, equivalenti a $21,1 \times 6 = 126,6$ g di proteine sintetizzate dall'organismo (per le proteine della carne il valore medio del coefficiente stechiometrico è 6 anziché 6,25). Queste sostanze proteiche contengono $126,6 \times 0,5254 = 66,5$ g di carbonio, che vanno detratti dal guadagno complessivo di questo elemento; cioè $680,1 - 66,5 = 613,6$ sono i grammi di carbonio fissati nel corpo dell'animale sotto forma di grasso in quanto, le variazioni del contenuto di glicogeno sono trascurabili se l'animale si trova in condizioni normali di nutrizione. La quantità di carbonio predetta, moltiplicata per la costante stechiometrica 1,307, dà infine la quantità di grasso che si è accumulata nell'organismo del bovino (= 802,1 g).

Il bilancio materiale dell'idrogeno e dell'ossigeno non è generalmente necessario perché esistono rapporti ben definiti fra il contenuto in N e C degli escreti ed il contenuto in H e O dei medesimi.

Con i suoi esperimenti, Kellner osservò che: 1 Kg di amido si trasforma in **248 g** di grasso, 1 Kg di proteine in **235 g** e 1 Kg di grassi (di semi oleosi) si trasforma in **598 g** di grasso. Queste quantità furono definite potere adipogeno delle varie sostanze nutritive.

Fatto uguale ad 1 il valore adipogeno dell'amido (248 g/Kg, pari a 2.360 Kcal), si possono ricavare, per rapporto, i diversi equivalenti riferiti alla quota digeribile di:

Proteine pure	0,94
Grassi dei foraggi	1,91
Grassi di concentrati non oleosi	2,12
Grassi di semi oleosi e derivati	2,41
Carboidrati (fibra grezza + estrattivi inazotati)	1,00

di cui va tenuto conto nel calcolo del valore amido teorico di un alimento, conoscendo il suo contenuto in sostanze nutritive digeribili.

In pratica, considerato il costo energetico del lavoro digestivo ed assimilativo degli alimenti, il loro potere adipogeno risulta più basso rispetto a quello ricavabile tenuto conto delle loro sostanze digeribili e del predetto valore adipogeno. Secondo Kellner, i **coefficienti di utilizzazione** per i quali moltiplicare i valori amido teorici sono pari a: 100% o poco meno per i concentrati in genere; 60-90% per i foraggi verdi ed insilati; 50-80% per i fieni e 20-50% per la paglia. Un modo semplice per trovare il valore amido reale di un alimento conoscendone la composizione chimica consiste nel togliere al valore amido teorico una quota ottenuta moltiplicando per i seguenti coefficienti:

fibra (%)	fattore correzione
superiore a 16	0.58 U.A.
16-14	0,53 "
12-14	0,48 "
10-12	0,43 "
8-10	0,38 "
6-8	0,34 "
3-5	0,29 "

Le detrazioni relative a contenuti intermedi di fibra si possono calcolare per interpolazione lineare secondo la formula: $D_f = 0,58 - 0,0242 (16 - f)$ dove con D_f è indicata la detrazione e con f il contenuto percentuale in fibra.

Es.: Calcolare il valore nutritivo reale in unità amido di un'erba fresca (s.s. = 24 Kg) aventi le seguenti caratteristiche:

	Grezzi g	digeribilità %	digeribili g
Protidi	2,40	71	1,70
Lipidi	0,80	50	0,40
Estrat. Inazot.	9,60	66	6,33
Fibra	6,80	43	2,92

Il suo valore nutritivo in unità amido teoriche è pari a:

Protidi digeribili	$1,70 \times 0,94 = 1,598$
Lipidi digeribili	$0,40 \times 1,91 = 0,764$
Estrat. inazotati	$6,33 \times 1,00 = 6,330$
Fibra digeribile	$2,92 \times 1,00 = 2,920$
Totale	11,612

Da questo bisogna togliere il "coefficiente di utilizzazione" che è uguale: **6,80** (contenuto in fibra) x **0,36** (ricavato dalla formula di cui sopra) = 2,448;

quindi le unità amido reali saranno $11,612 - 2,448 = 9,164$.

Tabella - Coefficienti di digeribilità dei principi alimentari in funzione del tenore in fibra grezza dei foraggi (da Leroy)

Coefficienti di digeribilità				
% fibra sulla SS	Protidi	Lipidi	Estrattivi inazotati	Fibra
2	83,5	77,5	89,5	78,5
3	82,5	76,5	88,75	77,75
4	81,5	75,5	88	77
5	80,5	74,5	87	76
6	80	73,5	86	75
7	79	72,75	85	74,25
8	78	72	84	73,5
9	77,25	71	83,25	72,5
10	76,5	70	82,5	71,5
11	75,75	69	81,75	70,5
12	75	68	81	69,5
13	74	67,25	80	68,75
14	73	66,5	79	68
15	72,25	65,75	78,25	67,25
16	71,5	65	77,5	66,5
18	69,5	63	75,5	64,5
20	68	61	74	62,5
22	66,5	59,5	72,5	61
24	65	57,5	70,5	59
26	63	56	69	57,5
28	61,5	54	67	55,5
30	60	52,5	65,5	54,5
32	58	50,5	63,5	52,5
34	56	49	62	51
36	55	47,5	60	49,5
38	53	45,5	58,5	47,5
40	51,5	44	56,5	46
42	49,5	42	55	44
44	48	40	53	42
46	46	38,5	51,5	40,5
48	44,5	37	50	39
50	43	35	48	37

Tali coefficienti sono spesso assai approssimativi e penalizzano la digeribilità degli alimenti ricchi in fibra, senza distinguere di che fibra si tratti (paglia e fette di bietola hanno fibre ben diverse). Attualmente le UF alimentari vengono per lo più calcolate applicando i coefficienti di digeribilità di Leroy.

Per una maggiore comodità di calcolo e per una maggiore precisione in caso di valori di fibra intermedi a quelli tabulati da Leroy, si riportano le seguenti equazioni ricavate dalla tabella di Leroy:

1) $dPG = (84,8714 - 0,09343 \times FG) / 100$

2) $dLG = (78,9 - 0,088 \times FG) / 100$

$$3) dFG = (89,2857 - 0,08571) \times FG / 100$$

$$4) dEI = (91,3571 - 0,08714 \times FG) / 100$$

(dove FG = g/kg SS)

E' da sottolineare però che l'U.A. assume differenti valori energetici nelle varie produzioni, nelle diverse specie ed età degli animali e del singolo individuo. Per effetto della migliore utilizzazione dell'energia metabolizzabile il contenuto dell'energia netta dell'unità amido è di: 3.100 Kcal per il mantenimento, 2.950 per la produzione del latte e 2.360 Kcal per l'accrescimento e l'ingrasso. Ciò indica che, il rendimento dell'energia è maggiore se è utilizzata per il mantenimento e minore se utilizzata per la produzione della carne. Nelle singole specie la stessa U.A. assume i seguenti valori:

bovini	g 248 di grasso	= 2.360 Kcal
ovini	g 310 " "	= 2.950 "
suini	g 367 " "	= 3.550 "
conigli	g 273 " "	= 2.590 "
polli	g 252 " "	= 2.390 "

In sintesi per calcolare le UA di un alimento o di una razione bisogna effettuare i seguenti passaggi:

1) **determinazione analitica** o stima mediante tabelle del contenuto in PG, LG, FG, ed EI;

2) calcolo dei **coefficienti di digeribilità** di PG, LG, FG, ed EI;

3) calcolo del contenuto in principi nutritivi digeribili (PD, LD, FD, ed EID) dell'alimento (es. PD = PG x dPG (g/kg t.q.);

4) calcolo del valore **amido lordo** (VAL):

PD x coeff. adipogenetico corrispondente = VA delle proteine +

LD x coeff. adipogenetico corrispondente = VA dei lipidi +

FD x coeff. adipogenetico corrispondente = VA della fibra grezza +

EID x coeff. adipogenetico corrispondente = VA degli estrattivi inazotati = VAL

5) calcolo del valore **amido netto** (VAN) dell'alimento

$VAN = VAL - (\text{grammi FG s.t.q.} \times \text{coefficiente di correzione})$.

Dalle UA si possono calcolare le UF classiche moltiplicando le UA x 1,43 e l'EN l'EN-latte (kJ/kg) dell'alimento è uguale a UF x 8054

5.3. Metodo scandinavo o delle unità foraggiere (U.F.)

L'unità foraggera esprime il valore energetico di 1 Kg di semi di orzo o di 2,5 Kg di fieno normale; corrisponde a circa 2075 Kcal per la produzione del latte (1 U.F. permette la produzione di 3 Kg di latte al 3,4% di grasso) e a 1650 Kcal per la produzione della carne nei bovini. La determinazione sperimentale delle U.F. fu strutturata in modo tale da poter verificare le variazioni della produzione di latte conseguente all'uso di foraggi diversi. Furono presi più gruppi con almeno sei animali, omogenei per età, peso vivo, produzione media, epoca di parto, ecc. Tutti i gruppi sperimentali erano alimentati per 3 settimane con fieno normale, successivamente nel giro di una settimana l'alimento di base era sostituito con una quantità identica del foraggio da valutare a tutti i gruppi tranne quello di controllo. Per circa 4-6 settimane era controllata la produzione di latte. Terminato tale periodo, agli animali era fornito di nuovo l'alimento di base per altre tre settimane; questa fase concludeva il ciclo. Es.:

- animali gruppo A (controllo): fieno normale

- animali gruppo B: fieno normale di cui 5 Kg sostituiti con 5 Kg di fieno di erbaio
- animali gruppo C: fieno normale di cui 5 Kg sostituiti con fieno di trifoglio;

Il foraggio fornito al gruppo B determinava un aumento di 0,65 Kg di latte rispetto al controllo. Considerando che 5 Kg di fieno normale forniscono 2 U.F. (1 U.F. = 2,5 Kg di fieno normale) si ha che il valore energetico di 5 Kg di fieno di erbaio è: $2 \text{ U.F.} + 0,65/3 \text{ Kg}$ (si divide per tre in quanto 1 U.F. permette la produzione di tre litri di latte) = 2,22 U.F. per cui 1 Kg di fieno di erbaio contiene 0,44 U.F. ($2,22 \text{ U.F.} : 5 \text{ Kg}$).

E' possibile la conversione delle U.A. in U.F. e viceversa: $1 \text{ U.A.} = 1,43 \text{ U.F.} = 2360 \text{ Kcal}$ mentre $1 \text{ U.F.} = 0,70 \text{ U.A.} = 1650 \text{ Kcal}$.

Questi coefficienti permettono di ricavare le U.F. di un alimento qualsiasi partendo dalla sua composizione chimica dopo aver ricavato le U.A. reali; permette inoltre di legare questa unità di misura allo schema analitico Wende.

Questi metodi di razionamento hanno dei limiti. Il valore nutritivo in U.F., rappresentando una stima dell'energia netta dell'alimento per il mantenimento e la produzione del latte (l'unità amido invece rappresenta una stima dell'energia netta di un alimento per la sintesi e la deposizione del grasso) diviene inadatto per la stima dell'energia netta per il mantenimento e l'accrescimento. Difatti, mentre 1 Kg di orzo somministrato ad animali in lattazione permette la produzione di 2,33 l di latte al 4% di grasso e quindi corrisponde a 1730 Kcal (2100 per 3 litri al 3,4%), se invece è somministrato ad animali in accrescimento e all'ingrasso è in grado di fornire 1885 Kcal per il mantenimento e l'accrescimento.

5.4. Metodo delle U.F. latte e carne

In Italia la commissione ASPA (Associazione Scientifica di Produzione Animale) ha suggerito che le attuali U.F. dovrebbero essere sostituite con quelle francesi: U.F. latte (U.F.L.) e U.F. carne (U.F.C.), per le notevoli somiglianze di sistema agricolo, condizioni climatiche e vicinanza genetica fra le razze allevate. Il sistema delle U.F. francesi è legato a quello delle U.F. di cui conserva i seguenti parametri:

- l'espressione dell'energia come energia netta (E.N.);
- la conversione in U.F. che equivale all'energia netta di un Kg di semi di orzo contenente l'86% di sostanza secca e 2720 Kcal di energia metabolizzabile;
- le procedure analitiche nel calcolo dell'energia netta a partire da quella digeribile passando attraverso l'energia metabolizzabile.

Il metodo si basa sul rendimento di utilizzazione dell'energia netta rispetto all'energia metabolizzabile ($K = E.N./ E.M.$) che risulta decrescente rispettivamente per il mantenimento, la lattazione e l'accrescimento. Il rendimento di utilizzazione dell'E.M. (K) è:

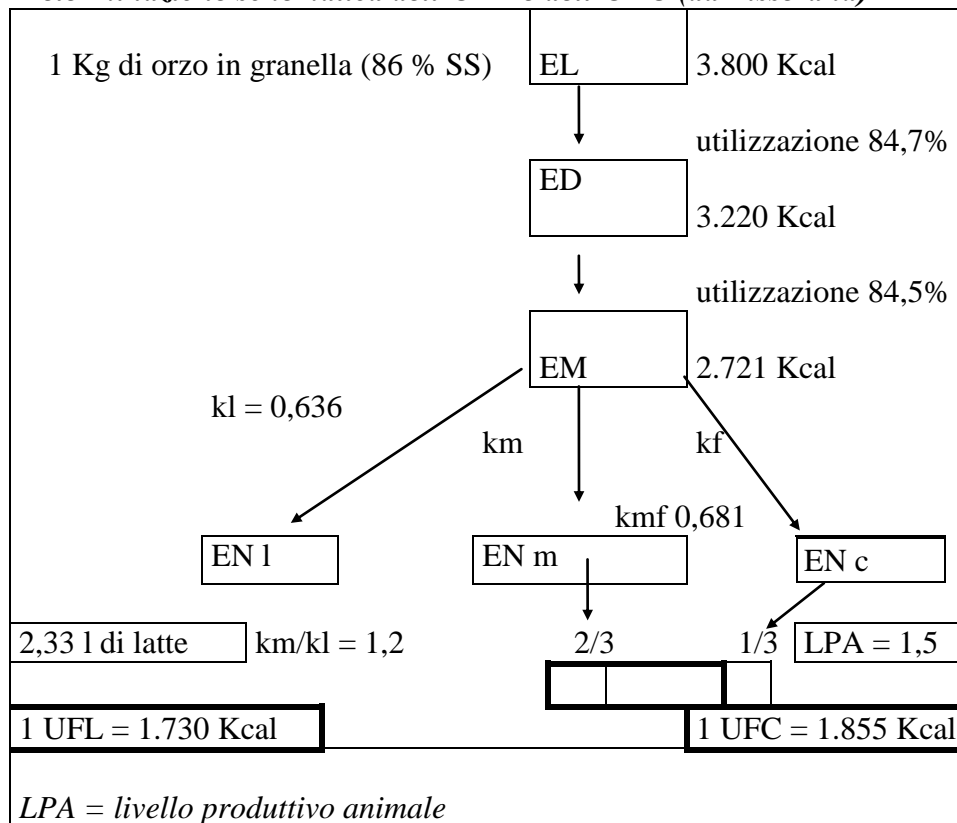
- mantenimento K_m
- produzione latte K_l
- ingrasso K_a .

Inoltre, le differenze aumentano con la diminuzione della concentrazione energetica delle razioni. In funzione della produzione richiesta i valori energetici sono espressi in:

- U.F.L. per femmine in lattazione, in gestazione in asciutta e per animali con crescita moderata (< 750 g al giorno di accrescimento)
- U.F.C. per animali con forte accrescimento o all'ingrasso.

Le differenze fra i valori in UFL e UFC di uno stesso alimento sono minime per gli alimenti concentrati e maggiori per i foraggi in cui variano in funzione della diminuzione della digeribilità. Questo sistema è basato su una struttura fisiologica definitiva, ma nuovi dati dovuti ad ulteriori verifiche possono essere inseriti senza difficoltà.

Determinazione schematica dell'UFL e dell'UFC (da Tisserand)



Nel caso della produzione di latte, esiste un rapporto costante tra K_m e K_l che è uguale a 1,20 per cui è anche possibile prendere come unità di misura il valore in E.N. dell'orzo. Così l'U.F. latte proposta dalla scuola francese corrisponde a 1730 Kcal di latte prodotto al 4% di grasso (cioè 2,33 Kg di latte). Per la produzione della carne, non essendovi rapporto costante tra K_m e K_f , quando si abbia un livello produttivo pari a 1,5 si può considerare che l'E.N. sia utilizzata per i 2/3 per il mantenimento e per 1/3 per la produzione della carne. Così l'U.F. carne corrisponde a 1855 Kcal.

In media per gli alimenti in genere k_f , k_m e k_l stanno nel rapporto 1,0 : 1,30 : 1,25. Così se un animale richiede 30 MJ (cioè 3 kg di amido equivalenti) per il mantenimento, questo valore va diviso per 1,30 per esprimerlo in termini di energia netta per l'ingrasso (23 MJ o 2,3 kg di amido equivalenti) ed analoga è la procedura per adattare il fabbisogno energetico per la produzione del latte. Ma va tenuto presente che i rapporti variano notevolmente da un alimento all'altro; ad esempio, il rapporto $k_m : k_f$ è più ampio per gli alimenti più grossolani

5.5. Metodo dell'E.M. attraverso il calcolo del T.D.N. -

La conoscenza del contenuto in sostanze nutritive digeribili di un alimento (cioè del *total digestible nutrients* o T.D.N.) espresso come percentuale e calcolato secondo la formula:

T.D.N. = (% proteine digeribili x 1 + % estrattivi inazotati digeribili x 1 + % fibra grezza digeribile x 1 + % lipidi digeribili x 2,25) non è elemento sufficiente per valutare il valore nutritivo dell'alimento stesso infatti, oltre che trascurare le perdite che si hanno per la perdita dell'utilizzo della dieta alimentare, con il T.D.N. si attribuisce ai principi

digeribili il medesimo valore nutritivo qualunque sia la natura degli alimenti nei quali sono contenuti. Si pensi, ad esempio, alla paglia che per avere lo stesso valore nutritivo di un Kg di orzo ne occorrono 3,33 Kg, mentre il rapporto tra i due T.D.N. è appena di 1,85 (che è anche il rapporto dell'E.M. dei due alimenti). Per questo il valore in T.D.N. è utilizzato soprattutto per la determinazione dell'E.M. degli alimenti (e per polli e suini, delle razioni loro destinate). E' stato valutato che 1 Kg di T.D.N. fornisce: 4000 Kcal se utilizzato dai monogastrici e vitelli allattanti e 3600 Kcal se utilizzato dai ruminanti; si può quindi esprimere con sufficiente approssimazione, conoscendo il T.D.N., l'E.M. stimando 4,1 Kcal/g per vitelli non svezzati, suini e altri monogastrici e 3,65 Kcal/g per i ruminanti. L'unità di misura dell'E.M. è lo Joule, ma poiché essa è un'entità molto piccola si preferisce il mega Joule ($MJ = 10^6 J = 239 \text{ Kcal}$).

5.6. Metodo della energia netta

Questo metodo (Armsby) è stato studiato misurando il metabolismo energetico (E) dell'animale corrispondente ad una razione di base e quello (E_1) dovuto alla somministrazione aggiuntiva di una quantità nota (t) dell'alimento in esame: $E.N. = Mt - (E_1 - E)$ dove Mt = energia metabolizzabile della quantità t di alimento e $(E_1 - E)$ = incremento metabolico. Quest'ultimo dato esprime la differenza fra il calore prodotto dalla razione di base addizionata della quota di alimento in esame e quello dovuto al solo alimento di base. L'autore riprese ed ampliò le ricerche di Kellner introducendo il concetto secondo il quale contrariamente a quanto fino ad allora ritenuto, la quota di energia non utilizzata non era dovuta solo alla frazione alimentare non digerita ma anche all'incremento metabolico o extracalore cui l'animale va incontro a seguito della somministrazione dell'alimento in più. L'incremento metabolico varia proporzionalmente alla sostanza secca della razione e a seconda della natura dell'alimento.

L'energia metabolizzabile assume i seguenti valori:

- foraggi grossolani 3500 Kcal/kg di T.D.N. o 3,5 Mcal
- alimenti concentrati con meno del 5% di grassi digeribili 3900 Kcal/kg di T.D.N. o 3,9 Mcal
- alimenti concentrati con più del 5% di grassi digeribili 4000 Kcal/kg di T.D.N. o 4,0 Mcal.

Le stesse prove fornirono coefficienti di valore compreso fra 0,78 e 1,43 che, moltiplicati per il contenuto di sostanza secca dei vari alimenti presenti nella razione permettono la determinazione dell'incremento metabolico.

I coefficienti di conversione dell'energia netta nelle altre unità di misura del valore energetico sono :

1000 Kcal = 0,605 U.F. = 0,423 U.A.
1 U.A. = 1,43 U.F. = 2360 Kcal
1 U.F. = 0,70 U.A. = 1650 Kcal

Il metodo dell'energia netta ha avuto scarsa diffusione perché l'energia netta varia in funzione di numerosi parametri quali la composizione degli alimenti e le caratteristiche degli animali.

CAP. VI. SISTEMI DI VALUTAZIONE DELLE PROTEINE

6.1 Valutazione nei monogastrici

Nei monogastrici, il problema della valutazione quanti-qualitativa delle proteine da somministrare è stato risolto da molto tempo e per ogni specie e categoria di animale sono stati definiti i fabbisogni relativi alla proteina grezza e digeribile e ai singoli aminoacidi essenziali e nello stesso tempo per ogni alimento sono stati determinati gli apporti proteici e aminoacidici.

Il rendimento con cui le proteine assorbite sono utilizzate dall'organismo differisce molto da una proteina all'altra. Ciò ha indotto a studiare metodi di valutazione delle proteine basati sulla risposta dell'animale alla proteina considerata. Fra questi ne riassumiamo qualcuno:

a) coefficiente di efficienza proteica (CEP): si può definire come l'incremento in peso di un ratto per unità di peso della proteina ingerita:

CEP = incremento in peso (g)/proteina consumata (g).

Il CEP varia con l'età e il sesso degli animali, con la durata del periodo sperimentale (in genere 4 settimane) e con il livello proteico della dieta (generalmente 100g/kg di alimento). I valori di CEP in genere sono stabiliti facendo il paragone con una caseina standard con un determinato CEP. Una modifica di questo metodo consiste nel confrontare il guadagno di peso del gruppo sperimentale (a) e la perdita di peso del gruppo con dieta aproteica (b) per valutarne la ritenzione proteica netta (RPN) così calcolata:

RPN = (guadagno di peso del gruppo a - perdita di peso del gruppo b)/g di proteina consumata

b) valore proteico grezzo (VPG): sono confrontati gli incrementi in peso di pulcini alimentati con una dieta base contenente 80 g di proteina grezza per kg con quelli di un altro gruppo dove la stessa dieta è stata addizionata con 30 g/kg della proteina in esame e con quelli di un 3° gruppo ricevente la dieta base arricchita di 30 g/kg di caseina. Il VPG della proteina in esame è ottenuto dal rapporto fra il maggior incremento in peso del gruppo a) che l'ha ricevuta e il maggior incremento di peso del gruppo b) che ha ricevuto la caseina:

VPG = incremento in peso del gruppo a/incremento in peso del gruppo b.

Le determinazioni di CEP, RPN e VPG oltre che essere dispendiose in termini di moneta (servono molti animali) e personale tecnico (rilievi giornalieri per ogni singolo animale), hanno il difetto di basarsi sull'incremento ponderale che potrebbe non essere in rapporto con la proteina allo studio. Una più accurata valutazione delle proteine può essere fatta prendendo in considerazione il bilancio dell'azoto, dove è misurato sia l'azoto ingerito che quello eliminato con le feci e le urine e con eventuali prodotti contenenti azoto (latte, lana, uova).

Si possono avere tre possibilità: a) animali in equilibrio di azoto: N ingerito = N eliminato; b) bilancio di azoto positivo (come nell'esempio): N ingerito > N eliminato; c) bilancio di azoto negativo: N ingerito < N eliminato

c) valore di sostituzione delle proteine (VSP): valuta la capacità di una determinata proteina a realizzare lo stesso bilancio di azoto ottenibile con la stessa quantità di una proteina standard (proteina dell'uovo o del latte); sono fatte due prove di bilancio dell'azoto: una con la proteina da testare e l'altra con la proteina standard e VSP sarà uguale:

VPS = (bilancio N proteina standard - bilancio N proteina da testare) / N ingerito

Il VSP misura il rendimento con cui l'animale utilizza una determinata proteina, altri metodi misurano l'utilizzazione della proteina digerita e assorbita.

Bilancio dell'azoto in un suino Hampshire del peso vivo di 42 kg alimentato con una razione contenente farina di soia come fonte proteica (da Armstrong e Mitchell, 1955; J. Anim. Sci., 14, 53)		
Azoto	Quantità (g) giornalmente	
	ingerite	eliminate
nell'alimento	19,82	-
nelle feci	-	2,02
nelle urine	-	7,03
trattenuto	-	10,77
	19,82	19,82
<i>Bilancio positivo = + 10,77 g/giorno</i>		

d) valore biologico (VB): stabilisce in che misura una proteina è utilizzata dall'animale per la sintesi di componenti azotati dell'organismo e può definirsi come la quantità di azoto assorbita che è ritenuta dall'animale. Dopo aver determinato il bilancio dell'azoto i dati ottenuti si usano per calcolare il valore biologico:

$$\text{VB} = (\text{N ingerito} - (\text{N fecale} + \text{N urinario})) / (\text{N ingerito} - \text{N fecale}).$$

Considerando che parte dell'azoto delle feci e delle urine non proviene dall'alimento ma proviene dal rinnovo di varie strutture proteiche e secrezioni la formula su riportata andrebbe corretta per la quota di azoto fecale metabolico (NFM) e dell'azoto urinario endogeno e quindi:

$$\text{VB} = (\text{N ingerito} - ((\text{N fecale} - \text{NFM}) - (\text{N urinario} - \text{NUE}))) / ((\text{N ingerito} - (\text{N fecale} - \text{NFM}))).$$

Per determinare il valore biologico:

- il maggior apporto proteico deve essere rappresentato dalla proteina in esame;
- la quantità ingerita deve consentire un'adeguata ritenzione di azoto (se la quantità di proteina ingerita è elevata si ha catabolismo di aminoacidi che porta a sottostimare il VB);
- anche i principi alimentari inazotati devono essere adeguati altrimenti l'animale per coprire le esigenze energetiche catabolizza le proteine;
- la dieta deve essere adeguata per tutti gli altri aspetti.

Calcolo del **V.B.** di una proteina per il mantenimento e la crescita del ratto

(da Mitchell, 1924; J. Biol. Chem., 58, 873)

Alimento consumato giornalmente (g)	6,00
% azoto nell'alimento	1,043
mg di azoto ingeriti giornalmente	62,6
Azoto totale escreto giornalmente con le urine (mg)	32,8
Azoto endogeno escreto giornalmente con le urine (mg)	22,0
Azoto totale escreto giornalmente con le feci (mg)	20,9
Azoto fecale metabolico escreto giornalmente (mg)	10,7
VB = (62,6 - (20,9 - 10,7) - (32,8 - 22,0)) : ((62,6 - (20,9 - 10,7)) = 0,79	

V.B. delle proteine di vari alimenti per il mantenimento e l'accrescimento di giovani suini (da Armstrong e Mitchell, 1955; J. Anim. Sci., 14, 53)

Alimenti	VB
Latte	0,95-0,97
Farina di pesce	0,74-0,89
Farina di soia	0,63-0,76
Farina di seme di cotone	0,63
Farina di seme di lino	0,61
Mais	0,49-0,61
Orzo	0,57-0,71
Piselli	0,62-0,65

I VB riportati nella tabella si riferiscono al mantenimento e all'accrescimento. Per il solo mantenimento il VB può essere calcolato dal bilancio dell'azoto; al di sotto delle condizioni di equilibrio dell'azoto, esiste un rapporto lineare fra N ingerito e bilancio dell'azoto che è rappresentato dall'equazione: $y = bx - a$ dove:

y = bilancio dell'azoto;

x = azoto assorbito;

a = perdita azoto a digiuno proteico;

b = frazione dell'azoto assorbito che è trattenuta nell'organismo ed è uguale al VB per il mantenimento.

L'utilità di una proteina per l'animale dipende dalla sua digeribilità e dal VB; il prodotto di questi due valori è definito utilizzazione netta della proteina (UNP) mentre il prodotto fra UNP e la % di proteine grezze presenti nell'alimento rappresenta il valore proteico netto (VPN) e dà la misura della quota proteica effettivamente metabolizzabile. Il VB di una proteina dipende dal numero e dal tipo di aminoacidi presenti nella sua molecola e sarà tanto più elevato quanto più la composizione della proteina alimentare si avvicina a quella che l'organismo deve sintetizzare. In genere, le proteine che presentano una carenza o un eccesso di un particolare aminoacido hanno un basso VB. Considerato che esiste un'azione complementare tra le proteine le diete contenenti diverse proteine hanno spesso un VB maggiore di quelle che ne contengono poche. Tra le proteine animali e vegetali sono le prime ad avere un maggior VB ad eccezione, ad esempio, della gelatina che è carente in diversi aminoacidi indispensabili. La composizione amminoacidica della proteina che deve essere sintetizzata varia notevolmente con la specie animale e con le prestazioni produttive.

Per una normale crescita del ratto, del suino, del pulcino, ad esempio, lisina, triptofano, istidina metionina, fenilalanina, leucina, isoleucina, treonina, valina ed arginina sono aminoacidi essenziali. Per l'uomo l'istidina non è indispensabile e per il pulcino è necessaria anche la glicina e la prolina. Alcuni aminoacidi in parte possono essere sostituiti da altri come osservato per la metionina che può essere parzialmente sostituita dalla cistina e la tirosina dalla fenilalanina.

Oggi ci sono tecniche veloci e convenienti per valutare la composizione in aminoacidi delle proteine.

6.2 Valutazione delle proteine nei poligastrici

Nei poligastrici, a causa della mediazione del rumine, il problema della valutazione qualitativa delle proteine è più complesso. Fino a poco tempo fa, il metodo della proteina grezza ($PG = N \times 6,25$) era il solo impiegato per quantificare il contenuto proteico degli alimenti e i fabbisogni dei ruminanti. Questo sistema non fornisce alcuna

indicazione circa la reale composizione della frazione azotata degli alimenti, né sulla digeribilità, né tantomeno sulle trasformazioni operate dalla microflora ruminale. Per un certo tempo si è utilizzato, anche, il sistema delle proteine digeribili (PD) il quale si basa sul calcolo della digeribilità dell'N x 6,25 nell'intero tratto digerente, ottenuta come bilancio fra quantità ingerita e quantità escreta con le feci. Le PD non si sono però dimostrate un'unità di misura soddisfacente per il razionamento dei ruminanti le cui diete si basano soprattutto su foraggi nei quali il valore N x 6,25 e in PD è notevolmente superiore al reale contenuto in aminoacidi. Fra l'altro la maggior parte dell'azoto aminoacidico ingerito con gli alimenti non è utilizzato direttamente come tale dal ruminante ma va incontro a degradazioni e riconversioni ad opera della popolazione microbica ruminale e quindi il termine "digeribili" appare non esatto. Pertanto sono stati messi a punto altri metodi per valutare le proteine fra cui:

- a) il sistema francese delle proteine digeribili nell'intestino (PDI);
- b) il sistema americano delle proteine assorbite nell'intestino (AP);
- c) il sistema Cornell (Cornell Net Carbohydrate & Protein System)

6.3 Sistema francese

Il sistema francese si propone di determinare il valore azotato di ogni alimento in termini di quantità di aminoacidi realmente assorbiti nell'intestino tenue, siano essi derivanti dalle proteine alimentari non degradate nel rumine che derivanti dalla proteina della massa microbica prodotta nel rumine. Secondo il sistema francese le PDI possono essere PDIN o PDIE a seconda che il fattore limitante per la sintesi microbica ruminale sia l'azoto degradabile o l'energia fermentescibile, rispettivamente. Comunque, le PDI sono costituite da due componenti:

- a) le PDIA che rappresentano gli aminoacidi assorbiti nell'intestino provenienti dalle proteine alimentari non degradate nel rumine;
- b) le PDIM che rappresentano gli aminoacidi assorbiti nell'intestino provenienti dalla proteina di cui è costituita la massa microbica ruminale. Poiché la popolazione microbica si sviluppa in funzione dell'azoto e dell'energia disponibili a livello ruminale, le PDIM possono essere PDIMN o PDIME a seconda che il fattore limitante per la sintesi microbica ruminale sia l'azoto degradabile o l'energia fermentescibile, rispettivamente. Il ragionamento fatto è il seguente: se un alimento è somministrato da solo, il suo valore in PDIM è determinato dalla sua caratteristica che maggiormente limita la proteosintesi microbica. Sarebbe quindi il PDIMN per i cereali i quali forniscono più energia che azoto alla popolazione ruminale; sarebbe invece il PDIME per le farine proteiche nelle quali l'azoto degradabile è predominante rispetto all'energia che i microrganismi del rumine possono utilizzare. Invece, quando l'alimento è un componente di una razione mista il suo contributo alla proteosintesi ruminale può aumentare grazie all'azione complementare svolta dagli altri ingredienti della razione. Così ogni alimento è caratterizzato da un tenore in PDIN e da uno in PDIE: il più basso dei due indica il valore azotato minimo dell'alimento, il più alto indica il valore azotato potenziale, cioè quello potenzialmente raggiungibile con opportune associazioni. Quando si adotta il sistema PDI si devono sommare da un lato i valori di PDIN e dall'altro quelli di PDIE dei vari alimenti compresi nella razione; si otterranno così due valori totali di PDIN e PDIE: l'apporto di PDI della razione sarà dato dal più basso di questi due valori. In una razione ben formulata i valori di PDIN e PDIE sono pressoché uguali e siamo nella situazione di equilibrio tra energia ed azoto nella razione. Lo scarto tra i due valori non dovrebbe superare i 200 g in vacche ad elevata produzione di latte. Comunque, un deficit delle PDIN rispetto alle PDIE di 8 g/UFL sarebbe compensato dall'urea endogena riciclata.

Per il calcolo delle PDI degli alimenti la scuola francese ha considerato quattro caratteristiche degli alimenti stessi:

- 1) il contenuto in proteine grezze (PG) o meglio in sostanze azotate totali;
- 2) la degradabilità teorica (DT) dell'azoto ottenuta mediante *nylon bags* posti nel rumine di vacche fistolate. La cinetica di degradazione delle sostanze azotate è valutata a partire da misure effettuate dopo un tempo di permanenza di 2-4-8-16-24-48 ore. Tali registrazioni consentono di calcolare la DT che è quella ottenuta con un tasso di passaggio delle particelle del 6% all'ora. In realtà si è visto che il valore teorico DT sovrastima la degradabilità reale delle proteine degli alimenti; questa discrepanza può essere corretta moltiplicando la quota proteica non degradata per il coefficiente 1,11;
- 3) la digeribilità reale nell'intestino (dr) delle proteine alimentari non degradate nel rumine;
- 4) il contenuto in sostanza organica fermentescibile (SOF) ricavata dal tenore in sostanza organica digeribile (SOD) e dalla composizione chimica dell'alimento stesso. Ai fini pratici il valore delle PDI degli alimenti è calcolato applicando le seguenti formule:

1) **PDIA** (g/kg SS) = (N x 6,25) x 1,11 x (1 - DT) x dr dove:

PDIA = proteine digeribili nell'intestino di origine alimentare;

(N x 6,25) = sostanze azotate totali dell'alimento;

1,11 = fattore di correzione della DT;

(1 - DT) = quota proteica by-pass;

dr = coefficiente di digeribilità reale nell'intestino delle proteine non degradate nel rumine;

2) **PDIME** (g/kg SS) = SOF x 0,145 x 0,8 x 0,8 dove:

PDIME = proteine digeribili nell'intestino di origine microbica quando il fattore limitante è l'energia fermentescibile;

SOF = sostanza organica fermentescibile, data dalla SOD (sostanza organica digeribile) meno i lipidi, le proteine grezze non degradabili e, per gli insilati, gli acidi grassi volatili, l'acido lattico e gli alcoli;

0,145 = coefficiente per il calcolo delle quantità di proteina microbica sintetizzata fissata in 145 g/kg di SOF;

0,8 = proporzione di azoto aminoacidico presente nella proteina batterica;

0,8 = coefficiente di digeribilità intestinale della proteina batterica;

3) **PDIMN** (g/kg SS) = (N x 6,25) - [1 - 1,11 x (1 - DT)] x 0,9 x 0,8 x 0,8 dove:

PDIMN = proteine digeribili nell'intestino di origine microbica quando il fattore limitante è l'azoto degradabile;

(N x 6,25) = sostanze azotate totali presenti nell'alimento;

[1 - 1,11 x (1 - DT)] = quota proteica alimentare degradabile;

0,9 = coefficiente di captazione dell'azoto alimentare degradabile da parte dei microrganismi ruminali;

0,8 = proporzione di azoto aminoacidico presente nella proteina batterica;

0,8 = coefficiente di digeribilità intestinale della proteina batterica.

Ad esempio volendo considerare una farina di estrazione di soia contenente il 55% di proteina grezza sulla S.S., con degradabilità pari al 62% e la digeribilità post-ruminale pari al 90% si ha:

$PDIA = 55 \times (1 - 0,62) \times 0,90 = 18,8 = 188 \text{ g /Kg S.S.}$

PDIMN; assumendo:

a) frazione di proteina grezza degradata = 55%

b) efficienza di incorporazione dell'azoto ammoniacale (da essa liberato) nella proteina microbica = 90%

c) la frazione di aminoacidi della proteina microbica = 80%

d) digeribilità post-ruminale della proteina microbica = 80%

si ha: $PDIMN = 55 \times 0,62 \times 0,90 \times 0,64 = 19,6 = 196 \text{ g/Kg S.S.}$

PDIME; assumendo:

a) sostanza organica fermentescibile (S.O.F.) dell'alimento (proteine non degradabili, lipidi grezzi, prodotti di fermentazione negli insilati) = 65% S.S.

b) proteina microbica che si può formare dalla S.O.F. = 145 g/Kg

c) frazioni di aminoacidi e digeribilità post-ruminali = 64%

si ha: $PDIME = 65 \times 0,145 \times 0,64 = 6,0 = 60 \text{ g/Kg S.S.}$

A questo punto il valore delle PDI può essere espresso:

a) $PDIN = PDIA + PDIMN = 18,8 + 19,6 = 38,4 = 384 \text{ g/Kg S.S.}$

b) $PDIE = PDIA + PDIME = 18,8 + 6,0 = 24,8 = 248 \text{ g /Kg S.S.}$

Se la farina di soia fosse somministrata da sola il suo valore di PDI sarebbe uguale a 248 g/Kg S.S. e si avrebbe un eccesso di proteina degradabile che non potrebbe essere trasformata in proteina microbica per carenza di energia. Per sfruttare al massimo la sintesi proteica si potrebbe aggiungere alla soia un alimento con eccesso di PDIE.

Aggiungendo, ad esempio, delle polpe secche di barbabietola che apportino 65 g di PDIN e 98 g di PDIE per Kg di S.S., si vede che ogni Kg di questo alimento vi è un eccesso di 33 g di PDIE. Mescolando 4 parti di polpe di bietola (che apportano 132 g di PDIE in eccesso rispetto al PDIN) e 1 di farina di soia (che apporta 136 g di PDIN in eccesso) si ottiene quindi una miscela equilibrata in cui $PDIN = 384 + 65 \times 4 = 644 \text{ g}$ e $PDIE = 248 + 98 \times 4 = 640 \text{ g}$. Teoricamente ciò consente di non sprecare proteina sotto forma di ammoniaca.

6.4 Degradabilità delle proteine

Alla base dei sistemi di valutazione delle proteine nei ruminanti sta il concetto di degradabilità ed il grado in cui le proteine alimentari sono degradate nel rumine per l'influenza che questo parametro esercita sul valore delle proteine come fonte di azoto per i microrganismi ruminali e di aminoacidi assorbiti a livello dell'intestino tenue. La quantità di proteina che sfugge alla degradazione può essere stimata in vivo e *in vitro*. Per la stima in vivo si misura l'azoto alimentare ingerito e l'azoto non ammoniacale e quello microbico che passano nel duodeno e la degradabilità dell'azoto alimentare è così espressa:

Degradabilità = $1 - (\text{N duodenale non ammoniacale} - \text{N microbico}) / \text{N alimentare ingerito}$

Degradabilità delle proteine alimentari		
Classe	Degradabilità	Alimenti
A	0,71-0,90 0,80*	Fieno, insilati, orzo
B	0,51-0,70 0,60*	Fiocchi di mais, farina di soia cotta
C	0,31-0,50 0,40*	Farina di pesce
D	< 0,31	Lupinella essiccata

* considerato come media di gruppo

CAP. VII. FATTORI NUTRITIVI E DI RAZIONAMENTO DEGLI ANIMALI

7.1. Nuove concezioni sul valore nutritivo degli alimenti e della razione nel suo complesso.

L'indicazione del valore nutritivo degli alimenti non può essere considerata come un dato preciso ed assoluto, qualunque sia il metodo adottato per la sua determinazione. Nell'utilizzazione degli alimenti da parte degli animali, giocano un ruolo principale la complessità dei fenomeni metabolici, l'individualità dei singoli utilizzatori, l'ambiente in cui vivono, le produzioni loro richieste ed anche la composizione della razione ed il livello nutritivo della dieta. Il livello nutritivo di un alimento varia:

- secondo la razione in cui entra a far parte
- secondo la variabilità individuale della specie e della razza dell'animale cui è somministrato
- secondo la produzione richiesta all'animale.

La razione alimentare ha un differente rendimento:

- secondo gli alimenti di cui è costituita
- il rendimento decresce con il crescere del livello nutritivo, in pratica in funzione della quantità di alimento consumato dall'animale
- il rendimento cresce con l'aumentare del rapporto tra E.M. ed E.L., vale a dire con la concentrazione nutritiva del piano alimentare cui l'animale è sottoposto.

E' necessario che la razione sia bilanciata in quanto, per ogni specie animale e tipo di produzione, solo se la razione è bilanciata, l'E.N. raggiunge il suo valore più elevato e la stessa razione il suo massimo valore nutritivo. I piani alimentari ed il razionamento sono definiti in base al tipo di animale (specializzazione, razza, età) ed alle produzioni richieste, secondo esperienze acquisite in precedenti turni di allevamento, quando è possibile utilizzando come base mangime o foraggi di produzione aziendale. Ciò perché i fabbisogni degli animali ed i fattori di razionamento, riportati nei testi e nelle pubblicazioni, vanno considerati solo come valori medi al pari della composizione degli alimenti, e non come dati esatti da adottare in qualunque circostanza.

7.2. Fabbisogni degli animali

Volendo analizzare i fabbisogni degli animali si deve considerare il problema da due diverse angolature. L'una interessa i fabbisogni relativamente ad energia, a proteine ed aminoacidi, sali minerali e vitamine; l'altra riguarda le specifiche esigenze legate all'espletamento delle funzioni vitali dell'organismo, all'accrescimento ed all'ingrasso, alle diverse produzioni e stati fisiologici dell'animale. Il fabbisogno quali-quantitativo complessivo che ne deriva va tradotto in una razione bilanciata che, oltre a soddisfare le suddette esigenze soddisfi anche i requisiti di voluminosità, appetibilità, ed economicità della stessa razione e dell'alimentazione nel suo insieme. I fabbisogni energetici, proteici, minerali e vitaminici nonché di sostanza secca, sono così distinti:

- fabbisogno di mantenimento
- fabbisogni di accrescimento
- fabbisogni di ingrasso
- fabbisogni per la produzione del latte
- fabbisogni per la riproduzione e lo stato di gravidanza
- fabbisogni per le prestazioni dinamiche
- fabbisogni durante l'asciutta
- fabbisogni per la termoregolazione

anche se a volte, alcuni di questi fabbisogni sono tra loro cumulabili e/o accumulati.

Nel razionamento le esigenze nutritive degli animali saranno soddisfatte dalla razione alimentare agendo sui seguenti elementi:

- sul valore nutritivo totale della razione
- sul contenuto ottimale in proteine digeribili, assicurando la presenza degli aminoacidi indispensabili
- sulla sostanza secca (s.s.) totale della razione, assicurando una giusta voluminosità degli alimenti somministrati
- sul contenuto ottimale in vitamine e sostanze minerali.

7.2.1. Fabbisogni di mantenimento

L'organismo animale utilizza una parte, più o meno, considerevole dei principi nutritivi che gli provengono dall'alimentazione per ricavare l'energia necessaria alle sue funzioni fisiologiche fondamentali, come la digestione, la circolazione sanguigna, la respirazione, la termoregolazione, il tono muscolare e i movimenti spontanei, nonché la reintegrazione delle sostanze perdute nei processi metabolici. Il fabbisogno energetico dell'animale a completo digiuno mantenuto in un ambiente termostato e che, quindi, non svolge alcun lavoro digestivo, non assorbe sostanze nutritive e non incrementa il metabolismo dei tessuti e non ha dispendi per la termoregolazione è chiamato energia basale o energia di metabolismo basale o semplicemente metabolismo basale (M.B.). Il metabolismo basale, infatti, corrisponde alla quantità di energia necessaria nelle condizioni di riposo e di digiuno e dà un'idea dell'intensità del ricambio energetico caratteristica per ogni singolo animale.

Sul metabolismo basale influiscono fattori quali l'età dell'animale, il sesso, il tipo costituzionale, la razza, il ciclo estrale, lo stato fisiologico, il clima, la stagione, il periodo di lattazione. Esso aumenta in maniera esponenziale, e non in maniera lineare, con il peso vivo dell'animale. Difficilmente però, l'animale si trova a digiuno e in perfetto riposo. Se, ad esempio, ha ingerito degli alimenti ha bisogno di energia per la digestione e l'assorbimento; se si trova in un ambiente freddo deve termoregolarsi, se è al pascolo consuma energia per la ricerca del cibo. Pertanto è più giusto affermare che il fabbisogno nutritivo di mantenimento è l'E.M. che assicura l'equilibrio nel bilancio materiale ed energetico degli animali, allorché in questi non sussiste alcun'attività funzionale di interesse economico, difatti corrisponde al ricambio energetico proprio di uno stato in cui l'animale (non gravido e non in lattazione) non aumenta e non diminuisce di peso per un periodo piuttosto lungo.

Fabbisogni energetici. Essi sono direttamente proporzionali al peso metabolico dell'animale (rapporto fra area/volume o peso vivo dell'animale). Il peso metabolico è espresso come potenza del peso vivo con esponente inferiore ad 1, ed è espresso con uno dei seguenti simboli internazionali: $PV^{0,75}$ o $W^{0,75}$ o $Kg^{0,75}$. Agli effetti pratici del razionamento e per qualsiasi tipo di razione, i fabbisogni energetici di mantenimento nei ruminanti, per esempio, corrispondono a 1,2 volte il consumo di energia durante l'inedia (MB). Una vacca che per il metabolismo basale consuma giornalmente: 70,5 Kcal E.N. / $PV^{0,75}$ il fabbisogno energetico sarà $70,5 \times 1,2 = 84,6$ Kcal E.N. cui è da aggiungere un 10-20% a seconda dell'età per l'accrescimento.

Es: vacca di 500 kg in prima lattazione

$$(500^{0,75} \times 70,5 \times 1,2) + 20\% = (105,74 \times 84,6) + 20\% = 8945,4 + 1789,1 = 10734,47 \text{ Kcal ENm}$$

Se pesa 550 kg ed è in seconda lattazione, per l'accrescimento si aggiunge il 10% e quindi il fabbisogno sarà 10568,57 Kcal ENm.

E' stato osservato che il fabbisogno in ENm è:

- 77 Kcal per kg di peso metabolico nei giovani bovini castrati
- 120 Kcal /kg PV^{0,75} per vitelli lattanti e animali giovani
- 60 Kcal/kg PV^{0,75} per gli ovini.

Prendendo come unità di misura l'U.F., i fabbisogni energetici di mantenimento sono indicati nelle tabelle.

Fabbisogni proteici - I fabbisogni proteici di mantenimento tendono a sopperire le perdite azotate dei metaboliti endogeni eliminati con le urine e dei protidi enzimatici metabolici escreti con le feci. Il fabbisogno proteico di mantenimento risulta proporzionale al peso metabolico. Nei bovini, esso è di 3 g di proteina digeribile per kg di peso metabolico. In pratica, poiché il rendimento delle proteine somministrate con la razione varia secondo il valore biologico delle proteine stesse (e non sempre è possibile conoscere con esattezza il V.B. delle proteine di una razione mista) si fa riferimento alle tabelle di razionamento specifiche che riportano con una certa larghezza, i fabbisogni per le diverse categorie di animali.

Grosso modo, però, per le vacche da latte, i bovini adulti, gli equini e i suini si stima un fabbisogno proteico di mantenimento di 60 g di proteina digeribile per q di peso vivo. Per gli ovini detto fabbisogno è elevato a 80 g/q.

Fabbisogni minerali e vitaminici. Non esistono particolari fabbisogni per sopperire ai consumi per il mantenimento degli animali. Comunque, per le vacche in lattazione e per gli ovini si raccomanda la somministrazione di adeguati quantitativi di fosforo, calcio, magnesio, potassio e sodio:

bovini - mg/kg PV: P 25, Ca 18, Mg 3, K 50, Na 10

ovini - " " 30, " 20, " 3,5 " 20, " 8

Per le vitamine, i fabbisogni di mantenimento variano da soggetto a soggetto in relazione allo stato nutritivo e/o di salute.

Contenuto in sostanza secca della quota di mantenimento. La razione di mantenimento non deve essere voluminosa in modo eccessivo. Il suo indice di voluminosità (s.s./UF x 100) deve adeguarsi a quello dell'intera razione che secondo Leroy non deve superare i 2-2,1 nei bovini, 1,2 nei suini, 1,6 negli equini, 1,8 negli ovini.

Fabbisogno di mantenimento negli equini: le esigenze di mantenimento del cavallo adulto a riposo, cui spetta solo la quota di mantenimento, giornalmente sono pari a 0,9 UF e 65-70 g di proteine digeribile per qle di peso vivo. Per soddisfare le esigenze energetiche, gli equini necessitano più di idrati di carbonio e meno di proteine, rispetto a quanto avviene, ad esempio nei bovini, e ciò perché essi per la contrazione dei muscoli utilizzano soprattutto glucosio, fosforo e vit. B₁.

Fabbisogni di mantenimento per i caprini: i fabbisogni energetici di mantenimento variano in funzione del peso degli animali, dello stato fisiologico, delle condizioni ambientali e del sistema di allevamento. Essi in genere sono inferiori nelle capre tenute a stabulazione fissa rispetto a quelle che pascolano (se il tragitto per procurarsi il pascolo è molto lungo e i terreni sono accidentati i fabbisogni di mantenimento aumentano fino al 50%) e in quelle tenute in stalla (minore attività motoria, minore spese energetiche per la termoregolazione). Una capra di 60 Kg di peso vivo necessita di 0,8 UFl al giorno e quindi 296 UFl all'anno.

I fabbisogni proteici sono proporzionali al peso metabolico dell'animale e sono pari a 2,14 g di PD e 2,20 g di PDI per Kg di peso metabolico.

7.2.2. Fabbisogni di accrescimento

L'accrescimento consiste nella moltiplicazione ed aumento di volume delle cellule che formano i tessuti e gli organi di un animale, dal momento del suo concepimento al momento in cui questo raggiunge l'età adulta.

I fenomeni di moltiplicazione e di aumento di volume si accompagnano e s'integrano attraverso la crescita (aumento di peso) e lo sviluppo (modificazione nella conformazione e forma corporea). Ciò indica che le varie parti del corpo crescono in diversa misura e, quindi, le proporzioni cambiano man mano che l'animale raggiunge la maturità. Il rapporto fra il peso di una parte del corpo ed il peso totale dell'individuo può essere indicato dalla seguente equazione di tipo allometrico di Huxley: $y = bx^a$ oppure $\log y = \log b + a \log x$; dove y = peso della parte del corpo in esame; x = peso dell'animale; a = coefficiente di crescita; b è una costante. Se il valore di a è superiore all'unità significa che la parte cresce in modo più rapido rispetto all'intero corpo dell'animale e una parte che ha questo comportamento si afferma che "matura tardi" mentre per le parti con coefficiente inferiore all'unità si afferma che "maturano prima".

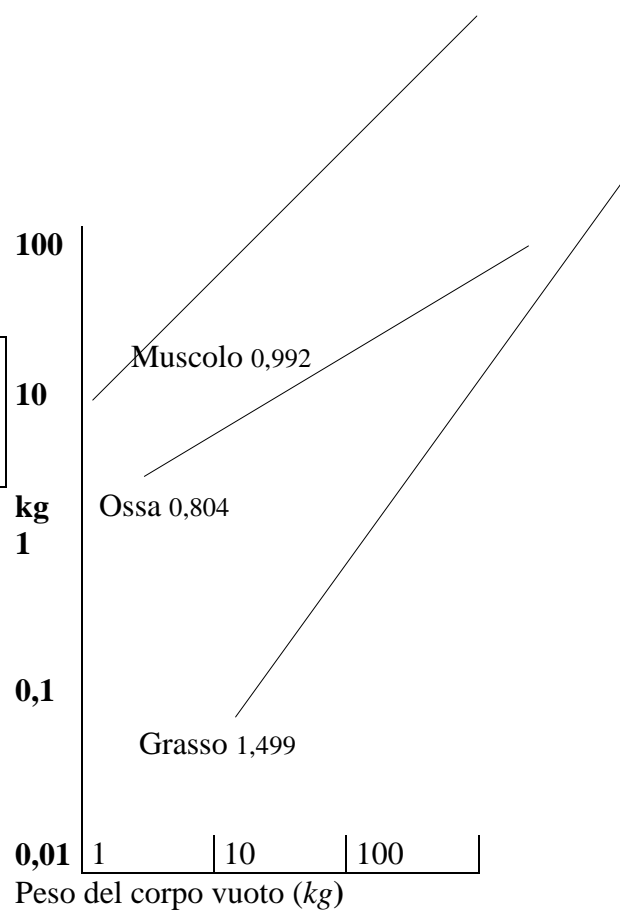
Ad esempio, se il grasso ha coefficiente $a = 1,5$ e il muscolo e le ossa hanno coefficienti di 0,99 e 0,80, rispettivamente, significa che il grasso è un componente che matura tardi, mentre il muscolo e, soprattutto, le ossa maturano presto. La parte interessata può essere una regione del corpo (testa, taglio di carne tipico in sede commerciale), una parte ottenuta per dissezione (osso, muscolo, grasso) o un componente chimico (acqua, proteine, estratto etereo, ceneri).

Ad esempio, i dati riportati in figura indicano che gli incrementi di peso del corpo di ovini che crescono da 20 a 30 kg contengono 133 g di proteine, 313 g di grasso e 16,3 MJ/kg mentre gli incrementi ponderali di ovini che crescono da 50 a 60 kg contengono 113 g di proteine, 682 g di grasso e 26,0 MJ/kg. In genere, quando un soggetto diventa adulto diminuisce la % di acqua e di proteine e aumenta quella del grasso nel suo organismo. Se il principio allometrico di Huxley fosse esattamente applicato agli individui di una stessa specie, l'allevatore sarebbe in grado di produrre animali con una specifica composizione della carcassa semplicemente portandoli ad un determinato peso. Comunque, la composizione del corpo non è determinata solo dal peso del corpo ma anche da altri fattori quali la tecnica di allevamento, il sesso, l'alimento e quindi il controllo della qualità della carne non è semplice.

Se il livello alimentare è alto la crescita è rapida e l'animale raggiunge un determinato peso ad un'età più giovane invece, una riduzione del livello alimentare determina un minore accrescimento e addirittura diminuzione in peso. Anche la qualità della dieta ha la sua influenza così, ad esempio, gli animali che hanno ricevuto una razione scarsa in proteine hanno una composizione corporea diversa da quelli che hanno ricevuto una razione adeguata dal punto di vista proteico.

Il peso dell'animale può essere riferito all'intero peso corporeo dell'animale o al suo corpo vuoto, la sua carcassa o la massa corporea senza grasso. Per ciò che ci riguarda, ai fini delle esigenze nutritive, l'animale è considerato soprattutto in termini di composizione chimica (e di valore energetico) del suo corpo, intero o vuoto.

Coefficienti di crescita delle ossa, dei muscoli e del grasso della carcassa di suino (da McMeekan e coll., 1964)



Peraltro, da un punto di vista nutrizionale, bisogna considerare anche la composizione delle parti anatomiche o delle parti dissezionate della carcassa, in quanto è in stretto rapporto con il valore della carne degli animali.

Le modifiche nelle proporzioni del corpo durante lo sviluppo sono importanti da un punto di vista nutrizionistico, in quanto, influenzano i fabbisogni alimentari degli animali.

Composizione % e contenuto in energia dell'aumento in peso, osservati in animali di diverse specie, età e peso vivo (da Mitchell, 1962)								
Animali	Peso vivo (kg)	Età	Composizione dell'incremento in peso (kg)					Energia MJ/kg
			Acqua	Proteine	Grasso	Ceneri		
Polli:	0,23	4,4 sett.	695	222	56	39	6,2	
Livornese	0,7	11,5 sett.	619	233	86	37	10,0	
bianca	1,4	22,4 sett.	565	144	251	22	12,8	
(a lenta crescita)								
Ovini:	9	1,2 mesi	579	153	248	22	13,9	
femmine	34	6,5 mesi	480	163	324	31	16,5	
Shropshire	59	19,9 mesi	251	158	528	63	20,8	
Suini:	23	-	390	127	460	29	21,0	
femmine	45	-	380	124	470	28	21,4	
Duroc-Jersey	114	-	340	110	520	24	23,3	
Bovini:	70	1,3 mesi	671	190	84	-	7,8	
giovenche	230	10,6 mesi	594	165	189	-	11,4	
Holstein	450	32,4 mesi	552	209	187	-	12,3	

Il loro andamento è rapido dalla nascita alla pubertà, poi rallenta man mano che lo sviluppo e il peso vivo si avvicinano a quello dell'età adulta, proprio della specie, della razza e del tipo di soggetto. In genere, l'aumento di peso medio giornaliero nei bovini e

nei suini si ricava dalla tabella di Armsby anche se non tiene conto della razza, del tipo e dell'individualità. Durante la crescita e lo sviluppo si ha una diversa utilizzazione della disponibilità nutritiva, da parte dei vari tessuti e organi.

La misura più comune dell'accrescimento degli animali di interesse zootecnico è rappresentata dall'incremento in peso ma, questa misura è molto grossolana perché i cambiamenti di peso comprendono anche le variazioni di peso del contenuto intestinale che nei poligastrici concorrono spesso all'aumento del peso vivo in misura del 20%.

I fabbisogni energetici, minerali e vitaminici di accrescimento vanno assommati a quelli di mantenimento.

I fabbisogni energetici di accrescimento aumentano con il procedere della crescita e dello sviluppo (e quindi dell'età) ma sono relativamente più elevati nei giovani. I fabbisogni in U.F. riferiti all'accrescimento di un Kg di peso vivo, sono alle varie età e per le diverse specie, quelli evidenziati nelle tabelle.

I fabbisogni proteici di accrescimento sono stimati tenendo conto che nei giovani animali i tessuti sono più ricchi di acqua (75% rispetto al 45% degli adulti) e le proteine concorrono per il 20% circa alla costituzione del loro corpo, mentre negli animali adulti la % si abbassa al 15-16%.

Quindi, nei giovani dove la sintesi proteica è più intensa e la fissazione delle proteine più elevata, le esigenze proteiche sono notevoli, tenuto conto anche del più accentuato accrescimento dell'età giovanile. Per i bovini si calcola mediamente un fabbisogno proteico di accrescimento di 230-250 g di proteine digeribili per kg di accrescimento.

I fabbisogni minerali e vitaminici per l'accrescimento negli animali giovani sono proporzionalmente più elevati che negli adulti e, soprattutto per le vitamine, bisogna tenere conto che nella giovane età oltre che una maggiore quantità di caroteni e di vitamina A, la vitamina D è indispensabile anche per il metabolismo del calcio, del fosforo e che nei giovani non sono presenti i fenomeni di sintesi che si rilevano (o si possono rilevare) negli animali adulti. I fabbisogni medi di tutti gli animali, di qualsiasi specie sono calcolati tenendo conto della loro età fisiologica cioè della % del peso dell'animale giovane rispetto al peso dell'età adulta.

7.2.3. Allattamento

I mammiferi sono forniti di mammelle che secernono il latte per la nutrizione dei neonati, durante il primo periodo della loro vita. Lo stomaco e l'intestino dei neonati sono di scarsa capacità e contengono il meconio che è una sostanza vischiosa, accumulatasi durante lo sviluppo fetale. Nei primi giorni di vita, il neonato ha bisogno di un alimento (colostro) che in poco volume contenga soprattutto proteine, sali minerali e vitamine ed anche anticorpi di cui il neonato stesso è sprovvisto.

Il colostro è di colore bianco-giallastro, più denso del latte comune, di sapore dolciastro-salato e di odore caratteristico. E' più digeribile e più nutriente del latte ed ha una leggera azione purgativa che favorisce l'eliminazione del meconio.

L'elevato contenuto in proteine del colostro è dovuto, soprattutto, alle globuline le quali sono importantissime per la formazione degli anticorpi. Con l'alimentazione colostrica, soprattutto nelle prime 24-36 ore, le gammaglobuline nel sangue del neonato aumentano notevolmente dandogli la difesa immunitaria e a ciò contribuisce anche la vitamina A e i caroteni che sono presenti nel colostro in quantità 10 volte superiore a quella del latte. La vitamina D nel colostro è presente 3 volte in più rispetto al latte mentre il calcio e il fosforo fino a 2-3 volte. Nel latte sono contenute solo tracce di rame e ferro mentre nel colostro sono contenute quantità fino a 20 volte in più. Per i vitelli nati nel tardo inverno, in aggiunta al colostro, è preferibile somministrare una dose giornaliera di 1,5-

2 milioni U.I. di vitamina A e ciò perché essa in questo periodo è carente nel colostro. L'assorbimento intestinale degli anticorpi nel neonato è influenzato:

- le favorevoli condizioni anatomiche consentono agli anticorpi presenti nel colostro di passare inalterati nel sangue attraverso la mucosa intestinale, si verificano entro le 24-36 ore dalla nascita;
- la permeabilità dell'intestino del neonato agli anticorpi si mantiene al suo livello massimo entro le prime 12 ore, poi cala rapidamente;
- le successive ingestioni di colostro, fatte al momento opportuno, non sono controindicate anzi, il loro effetto si accumula;
- l'immunità passiva più elevata viene raggiunta mediante il frazionamento del colostro in più pasti di modesto volume.

In conclusione, il neonato nei primi giorni e soprattutto nelle prime 6 ore di vita deve avere un'alimentazione a base di colostro e possibilmente di quello della madre, a circa 40 °C. Mancando la possibilità di somministrare al neonato il colostro, è possibile sostituire le sostanze in esso contenute e non contenute nel latte normale con un poco di olio di ricino, qualche uovo sbattuto e della vitamina A e D; mentre, per sopperire alla immunoglobuline si possono somministrare delle gammaglobuline e del siero iperimmune anticoli fornito dall'industria farmaceutica. Inoltre, esiste la possibilità di somministrare al neonato del colostro di altre madri della stessa azienda, opportunamente raccolto in sacchetti e congelato per poi scongelarlo a 40 °C al momento dell'uso.

Il latte è l'alimento ideale per la nutrizione dei giovani nati e ciò per due ragioni fondamentali:

- esso contiene i principi alimentari necessari ai neonati per il loro sviluppo nel primo periodo di vita;
- dato lo scarso sviluppo dell'apparato digerente i neonati possono utilizzare solo un alimento concentrato liquido.

Allattamento artificiale - In commercio si trovano miscele lattee (latte ricostituibile) adatte per essere sciolte in acqua e somministrate ai vitelli con il poppatoio o con il secchio. Esse, generalmente, sono a base di polvere di latte magro, grassi vegetali ed animali, vitamine ed integrativi. Il latte ricostituito, essendo più completo e nutritivo del latte naturale, è capace di assicurare l'accrescimento dei vitelli in modo regolare per un lungo periodo di tempo e, soprattutto per l'ingrasso, è capace da solo di produrre animali fino al peso di 200-220 Kg. Ciò è dovuto al fatto che:

- 1) la somministrazione del latte ricostituito permette di far assumere al vitello tutti i principi alimentari e tutta l'energia indispensabile per un rapido accrescimento;
- 2) dato lo scarso sviluppo dell'apparato digerente dei vitelli, sarebbe per loro impossibile utilizzare per un lungo periodo solamente il latte naturale, il quale non è sufficientemente nutritivo.

L'alimentazione a base di latte ricostituito può protrarsi fino alla macellazione dei vitelli da ingrasso (vitelli a carne bianca) mentre, per quelli da allevamento, invece, anche per favorire uno sviluppo ruminale, il latte ricostituito deve essere precocemente integrato con concentrati e foraggi secchi. In particolare:

- se trattasi di soggetti destinati all'allevamento (riproduzione, vitelloni da ingrasso) dal 10° giorno oltre al latte bisogna somministrare una miscela adatta di concentrati e dalla 3^a settimana si somministra anche del buon fieno polifita;
- se trattasi di soggetti destinati al macello (vitellone precocissimo o mezzo lattone, ultra *baby-beef* o *barley-beef*) dalla seconda settimana bisogna integrare la razione latteica con una buona miscela di concentrati a base soprattutto di cereali.

In tutti i casi, i vitelli devono disporre di acqua da bere a volontà.

In genere, dal 10° al 14° giorno di vita è conveniente somministrare al vitello una miscela asciutta (miscela di avviamento) nella quale come componenti risulti anche la polvere di latte magro e abbondanti dosi di vitamine; dopo il 40° giorno si somministrano miscele complementari o di svezzamento che possono essere acquistate o costituite in parte, da prodotti aziendali e in parte da mangimi acquistati. Peraltro, sono in commercio dei nuclei proteici, vitaminici e minerali che miscelati in varie proporzioni percentuali con granaglie e crusconi, possono dare miscele di mangimi concentrati bilanciati la razione giornaliera, adatti per l'alimentazione delle diverse specie animali alle differenti età.

Nell'alimentazione del vitello bisogna considerare:

- sia un'alimentazione troppo scarsa che quella troppo abbondante sono dannose infatti, nel primo caso oltre ad avere un lento accrescimento si può avere una deprivazione dell'appetito e il vitello affamato è spinto ad ingerire materiali dannosi per il suo stomaco non ancora irrobustito, nel secondo caso, invece, si possono verificare fenomeni di diarrea da dieta che abbassano la resistenza del vitello e lo rende più attaccabile dalle infezioni batteriche;
- i vitelli da vendere come vitelli grassi da latte o a carne bianca devono essere alimentati esclusivamente con latte;
- per i vitelli da vendere a 350 o più Kg, mantenendo però il colore rosa chiaro delle carni (barley-beef o mezzo lattone) l'alimentazione lattea deve essere integrata con adatte miscele di concentrati (cereali in granella schiacciati);
- i vitelli da rimonta e quelli per la produzione del baby-beef e del vitellone, inizialmente devono essere alimentati con latte, poi devono ricevere, in aggiunta al latte, un'adatta miscela di concentrati ed acqua a volontà e dalla 3^a settimana di vita devono disporre di un buon fieno di erbe falciate giovani. Soprattutto per i futuri vitelloni, successivamente, il fieno sarà sostituito da silo-mais e il concentrato dal pastone di mais con le dovute integrazioni di proteine e minerali e il latte sarà definitivamente sospeso.

Svezzamento: per svezzamento si intende la sospensione dell'alimentazione lattea ed il passaggio a mangimi normali (concentrati, fieno, insilati) e questa tecnica è in continua evoluzione. La durata del periodo di svezzamento dipende dalla futura carriera del vitello, dalla disponibilità e dal costo di alimenti idonei al soggetto in quell'età, alla disponibilità di manodopera e alla preparazione tecnica della stessa. Comunque, lo svezzamento deve realizzarsi in modo tale da non causare situazioni stressanti (crisi di svezzamento).

A seconda della destinazione degli animali, lo svezzamento dovrà avvenire in modi e tempi diversi:

- per vitelli destinati ad essere ingrassati come *baby-beef* o vitelloni lo svezzamento sarà precoce o precocissimo (35-60 giorni);
- per vitelle destinati alla rimonta esso sarà precoce o più tardivo (60-90 giorni);
- per vitelli maschi destinati alla riproduzione lo svezzamento sarà più tardivo (90-120 giorni).

7.3. Fabbisogni di ingrasso

La carne è costituita da fasci muscolari più o meno infiltrati di grasso (mazzatura). La formazione della carne quindi è connessa con l'accrescimento. Quando si parla di ingrasso perciò:

- a) qualora si tratti di animali giovani, s'intende accelerare l'accrescimento (e la formazione di fasci muscolari) favorendo anche un'adeguata ma non eccessiva produzione di grasso e quella rifinitura che promuove la maturazione della carne;

b) qualora si tratti di animali adulti s'intende favorire quel moderato accrescimento del tessuto muscolare ancora possibile, data l'età, ma soprattutto, una progressiva deposizione di grasso del tessuto connettivo sottocutaneo, perimuscolare ed inframuscolare che fanno assumere all'animale quelle caratteristiche proprie del soggetto ingrassato ed alla relativa carne migliori qualità organolettiche di tenerezza e sapidità.

Negli animali adulti, i fabbisogni di ingrasso si concretizzano nell'aggiunta ai fabbisogni di mantenimento di supplementi energetici, proteici e vitaminici proporzionati al grado ed alla rapidità di ingrassamento desiderato. Nei bovini adulti, ad esempio, per i quali i fabbisogni energetici di mantenimento sono 0,75 U.F./q, quelli di ingrasso vanno da 0,5 a 1,25 UF/q ed i fabbisogni proteici sono di 100-150 g di proteina digeribile per q di peso vivo. Negli animali giovani i fabbisogni di ingrasso tengono conto che in una prima fase (messa in carne; magronaggio nei suini) si somministra un'alimentazione ricca sotto il profilo proteico, minerale e vitaminico allo scopo di accelerare al massimo lo sviluppo muscolare e scheletrico; in un secondo periodo (finissaggio) bisogna aumentare la quota energetica della razione (2-2,5 volte la quota di mantenimento) facendo uso di alimenti ricchi in estrattivi inazotati, in modo da permettere l'ulteriore accrescimento dello scheletro e delle masse muscolari favorendo anche la deposizione di grasso e quella rifinitura di cui si è detto. Bisogna però evitare l'eccessiva grassosità che deprezza il valore dell'animale. Per i bovini, i piani alimentari sono basati sui livelli nutritivi:

alto: 1,7-1,9 U.F./q p.v.

medio: 1,5-1,7 U.F./q p.v.

Bovini – la tecnica di ingrassamento deve essere tale da provocare il massimo sviluppo delle parti muscolari con un adeguato deposito di grasso intramuscolare. Ciò è possibile solo attraverso un'alimentazione intensiva la quale consente anche di anticipare i tempi di macellazione e, quindi, una maggiore tenerezza delle carni e una maggiore produzione di carne magra con un massimo sviluppo di tagli pregiati. I piani alimentari da adottare nell'ingrassamento differiscono a seconda del tipo di animale che si intende produrre:

- vitello da latte a carne bianca (200-250 kg): sono destinati all'ingrasso i vitelli subito dopo la fase colostrale, ad 8-10 giorni circa. L'allevamento è fatto detenendo i vitelli, per circa 150 giorni in gabbie di dimensioni tali da limitare il movimento dell'animale, pur consentendogli di alzarsi e coricarsi comodamente. Durante le prime 24 ore dall'arrivo nell'allevamento, i vitelli sono tenuti a digiuno, somministrando solo 2-3 litri di acqua bollita e zuccherata. Nel secondo giorno ha inizio l'alimentazione esclusivamente a base di latte ricostituito. Bisogna considerare che il colore della carne di questi animali deve essere rosa-chiaro e questo colore è dovuto allo stato anemico, dipendente dall'alimentazione latte e dalla mancanza di ferro nel tipo di alimento usato. La polvere di latte che viene utilizzata è completamente priva di ferro e bisogna fare attenzione che anche l'acqua usata per ricostituire il latte non sia ferruginosa. Nel primo periodo di ingrassamento, i vitelli devono ricevere un'integrazione minerale comprendente anche gli oligoelementi indispensabili, ferro compreso; per soddisfare questa esigenza l'integrazione viene somministrata per tutto il primo mese di ingrasso e poi sospesa. Le diverse case produttrici di latte ricostituibile suggeriscono il modo di preparazione del latte e la sua concentrazione in funzione dell'età dell'animale; queste indicazioni devono servire solo come orientamento ma l'allevatore deve variare l'alimentazione tenendo conto delle caratteristiche individuali del singolo animale. Il miglior indice per il dosaggio del latte da somministrare ad ogni vitello è rappresentato

dall'esame della consistenza e del colore delle feci, nonché dall'assenza nei vitelli di timpanismo.

Il vitello da latte grasso se ha ricevuto un'appropriata alimentazione presenta dorso e cosce pienamente carnosì, uno strato di grasso sulla carcassa e una sufficiente formazione di grasso sui lombi, grasso bianco con giusta consistenza, la carne è quasi bianca, tenera ma non molle.

- vitellone precocissimo o “mezzo lattone” o barley-beef per gli inglesi e ultra baby-beef o children-beef per gli americani (8-11 mesi di età, 300-350 Kg di peso).

Il Preston (Università di Aberden) ha messo a punto un piano che si divide in due periodi: 1) riguarda la tecnica di alimentazione dalla nascita allo svezzamento; 2) dallo svezzamento alla macellazione (350 Kg). Nella prima fase, i vitelli sono alimentati solo con latte ricostituito, fino al raggiungimento del peso di 70-80 Kg; a partire dalla quarta settimana di età essi ricevono anche una miscela di concentrati. Lo svezzamento è praticato bruscamente quando gli animali hanno raggiunto il peso prima detto. La fase di ingrasso inizia quando i vitelli hanno raggiunto il peso di 120-140 Kg. Il mangime è somministrato ad libitum e per avere i migliori risultati bisogna fare in modo tale da raggiungere un livello massimo di ingestione ed utilizzazione degli alimenti da parte degli animali. La razione ideale per bovini a rapido accrescimento deve contenere una quantità massima di concentrati amidacei (cereali), integratori sufficienti a soddisfare i fabbisogni nutritivi degli animali e una quantità minima di fibra necessaria al fine di assicurare la salute degli stessi. Se vengono esclusi completamente i foraggi, la razione deve contenere almeno il 65% di orzo e il 35% di avena. In America, considerata l'elevata produzione di mais, questo cereale sostituisce l'orzo in miscele composte da farine di estrazione di semi di cotone, fieno di medica sfarinato, ecc. Inoltre, secondo gli americani la fibra grezza deve rappresentare almeno il 10% della razione.

Tra le tecniche attuate in Italia, degna di nota è quella proposta dal Borini la quale si differenzia da quella di Preston per il fatto che nella fase intermedia dell'ingrassamento, aggiunge alla miscela di concentrati il 15-20% di farina di fieno di medica allo scopo di stimolare la funzionalità ruminale e prevenire il meteorismo. Peraltro, questa variante rende il razionamento più economico.

- **vitellone precoce** o **baby-beef** (11-14 mesi di età, 400-450 Kg di peso): conviene partire da giovani vitelli da latte in quanto il trattamento alimentare deve essere per tutto il periodo ad un livello tale da favorire al massimo lo sviluppo delle porzioni muscolari, con la formazione di un leggero strato di grasso, soprattutto, nell'ultima fase di allevamento e cioè quella che va sotto il nome di finissaggio. Così facendo si ottengono soggetti carnosì, con colore della carne di un rosso non carico, tenerezza e succosità della carne corrispondenti a quelle richieste dal consumatore. Gli alimenti utilizzati per il *baby-beef* sono essenzialmente tre:

- latte ricostituito che viene somministrato fino a 2 mesi di vita;

- fieno: si comincia a somministrare dalla 2-3^a settimana, può essere somministrato a volontà fino al peso di 230 Kg ma deve essere d'ottima qualità e nella mangiatoia deve stare sempre fieno fresco; superati i 230 Kg non bisogna somministrare più di 2-3 Kg/capo giorno di fieno;

- miscela di mangimi concentrati: deve essere composta soprattutto da cereali (orzo e mais schiacciati e pastone di mais) opportunamente integrati facendo in modo che il contenuto proteico della miscela sia del 13-14% e quello di fibra non inferiore all'8-10%.

<i>Fabbisogni nutritivi dei vitelli nelle diverse fasi di ingrassamento</i>									
Peso vivo Kg	Incremento medio giornaliero (Kg)								
	1.000			1.250			1.500		
	U.F.	Proteine digeribili g	S.S. Kg	U.F.	Proteine digeribili g	S.S. Kg	U.F.	Proteine digeribili g	S.S. Kg
150	3,3	506	4,4	3,9	601	4,5	-	-	-
200	3,9	558	5,4	4,3	653	5,6	4,8	750	5,8
250	4,3	606	6,3	4,7	701	6,8	5,1	795	7,0
300	4,9	656	7,7	5,1	749	8,0	5,6	842	8,2
350	5,3	706	8,5	5,5	799	8,8	5,9	890	9,2
400	5,6	720	9,1	6,0	812	9,5	6,4	905	9,8
450	5,9	770	9,8	6,7	860	10,2	7,2	955	10,5
500	6,3	785	10,5	7,2	870	11,0	7,7	970	11,4
550	6,7	790	11,8	7,6	875	12,2	8,0	978	12,6
600	7,0	795	12,5	7,9	880	13,1	8,5	985	13,5

- **vitellone** (15-18 mesi di età, 500-600 Kg di peso): per la sua produzione si può considerare razionale l'adozione di un piano di alimentazione:

- alto fino a 12 mesi;
- medio da un anno fino a 30-35 giorni dalla macellazione;
- alto nel periodo di finissaggio.

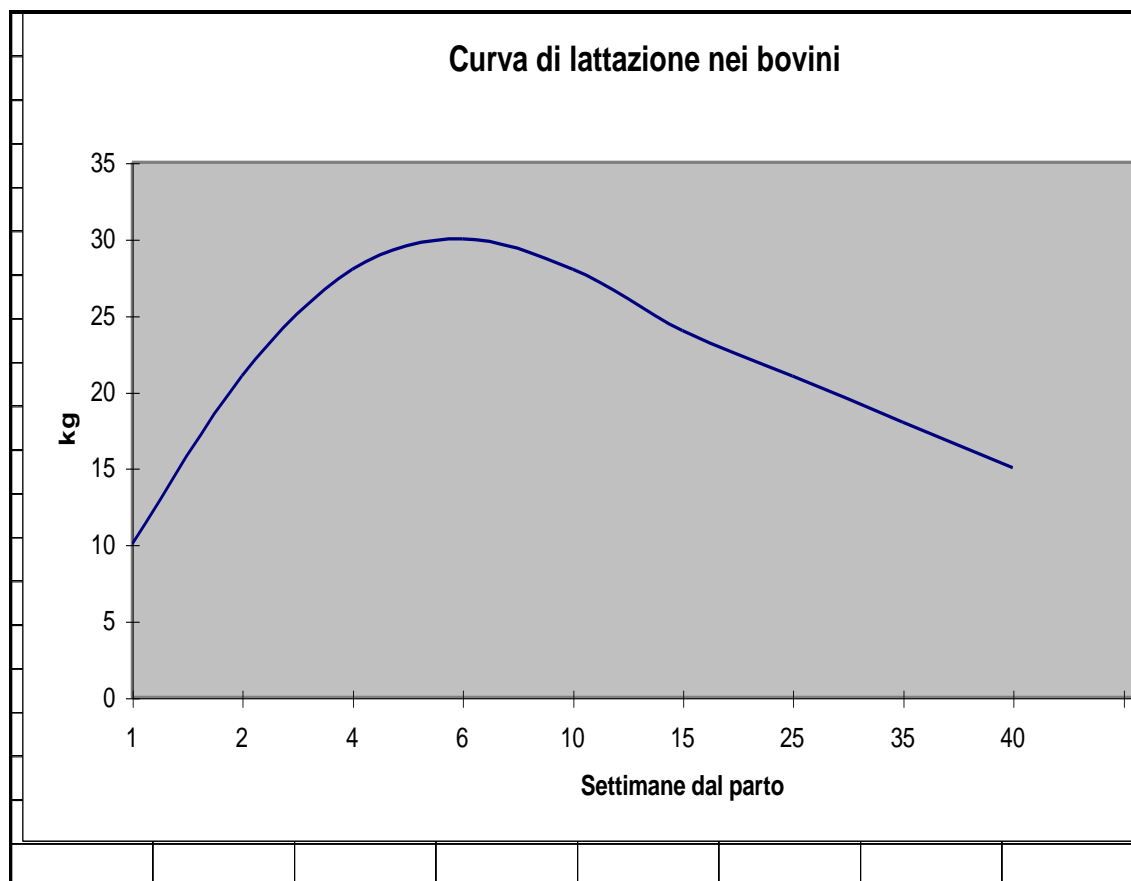
Negli ultimi tempi, si consiglia di utilizzare quale alimento il mais nelle sue diverse forme (insilato integrale, pastone di pannocchie, granella) in quanto ha un costo per, Unità foraggera fornita, più contenuto rispetto ad altri prodotti. Inoltre, per ridurre i costi di produzione si possono utilizzare sottoprodotti industriali (polpe di bietola, buccette d'uva e di pomodoro, ecc.). Per il piano alimentare alto e medio il mangime concentrato dovrebbe entrare nella razione in ragione di Kg 1 e ½ per qle di peso vivo dell'animale, rispettivamente. La razione si completa utilizzando foraggi aziendali (insilati di mais) fino ad ottenere 1,7-1,9 U.F./qle peso vivo, nel primo e ultimo periodo (allevamento e finissaggio) e 1,5-1,6 U.F./qle nel secondo periodo (ingrasso). Varianti a tale tecnica si possono avere in funzione del tipo genetico dell'animale e della disponibilità di alimenti a minor costo.

7.4. Fabbisogni per la produzione del latte

La produzione di latte implica la conversione di principi nutritivi in latte. Una vacca da latte altamente produttiva può produrre in una sola lattazione una quantità di sostanza secca sotto forma di latte, 3-4 volte superiore a quella contenuta nel suo stesso organismo. I fabbisogni alimentari dipendono dalla quantità di latte prodotto e dalla sua composizione. Qualitativamente i lattici delle varie specie hanno una composizione simile, ma le quantità delle varie frazioni presenti, come le proteine e i grassi, variano da specie a specie.

Composizione del latte nelle varie specie zootecniche (g/kg)

Specie	Grassi	Residuo magro	Proteina grezza	Lattosio	Calcio	Fosforo	Magnesio
Vacca	37	90	34	48	1,2	0,9	0,12
Capra	45	87	33	41	1,3	1,1	0,20
Pecora	74	119	55	48	1,6	1,3	0,17
Scrofa	85	120	58	58	2,5	1,7	0,20



Il maggior costituente del latte è l'acqua, nella quale sono sciolti molti elementi inorganici, sostanze azotate solubili come gli aminoacidi, la creatina e l'urea, l'albumina, che è una proteina idrosolubile, insieme al lattosio, agli enzimi, alle vitamine idrosolubili del complesso B e alla vitamina C. In sospensione colloidale in questa soluzione vi sono sostanze inorganiche quali composti del calcio e del fosforo e la caseina; in questa fase acquosa vi è dispersa una sospensione di minuscoli globuli di grasso del latte.

Unità misura Energia	1 Kcal = 1000 cal 1 J = 0,239 cal 1 KJ = 239 cal 1 Kcal = 4,184 KJ 1 MJ = 1000 KJ = 1000.000 J
Contenuto energetico latte 4% di grasso	740 Kcal = 3,10 MJ
UFI	Contenuto energia netta = 7,24 MJ = 1730 Kcal Necessarie per produrre 1 litro di latte al 4% di grasso = 0,44 1 UFI corrisponde a 2,33 l latte al 4% grasso
Contenuto del latte al 3,7% di grasso	Esigenze per la produzione (considerando la metabolizzabilità)
Proteine = 35 g Grasso = 37 g Lattosio = 49 g Ceneri: 7 g Calcio: 1,21 g Fosforo: 0,95 g Energia = 3,05	50 g (proteine digeribili) 3,7 g 1,5 g 5,08 MJ EM

Questa fase lipidica contiene i veri trigliceridi del latte (circa 980 g/kg) assieme ad altre sostanze associate ai grassi, come i fosfolipidi, il colesterolo, le vitamine liposolubili, i pigmenti, tracce di proteine e metalli pesanti. La fase lipidica generalmente è indicata come “grasso” e i restanti costituenti del latte, diversi dall’acqua, sono indicati come “sostanze non grasse” o <<SNF>> o residuo magro.

Nei bovini, la produzione di latte dipende dalla razza, il ceppo, l’individuo, lo stadio di lattazione. In genere, la produzione aumenta dal parto fino al 35° giorno circa, poi decresce regolarmente, di circa 2,5% a settimana, fino alla fine della lattazione. In alcuni soggetti, la produzione è massima all’inizio della lattazione, poi decresce rapidamente. In modo approssimativo, la punta massima di produzione può essere calcolata come un duecentesimo della produzione lattea prevista, oppure 1,1 volte la produzione registrata due settimane dopo il parto; ad esempio, per una vacca che 15 giorni dopo il parto produce 20 kg di latte si può prevedere una punta massima di 22 kg giornalieri di latte. Il fatto che successivamente la produzione declini del 2,5% per settimana è utile per controllare le deviazioni dalla norma nel corso della lattazione.

Il soddisfacimento delle esigenze nutritive delle femmine in lattazione non deve limitarsi alle specie delle quali si utilizza il prodotto per l'alimentazione umana, diretta, o per la trasformazione casearia (bovini, ovini, caprini, bufalini) ma tenere conto delle altre specie dato che questa produzione è importante ai fini dell'allevamento della prole, soprattutto se i parti sono plurimi. L'argomento verrà trattato facendo riferimento alla vacca da latte e verranno indicate le esigenze nutritive per la produzione lattifera delle altre specie.

7.4.1. Esigenze per la produzione del latte nei bovini

Una vacca che pesa 500 kg di peso che nel corso della lattazione produca 4.000 kg di latte dà una produzione pari a 8 volte il suo peso e attraverso la mammella emette una quantità di sostanze nutritive pari a 2,5 volte il peso delle sostanze contenute nel suo stesso organismo, e con 20 litri di latte al 3,7% di grasso (produzione media di una buona lattifera) in un giorno produce: 740 g di grasso, 700 g di proteine, 980 g di

lattosio, 140 g di sostanze minerali di cui 25 g di calcio e 20 g di fosforo, per un totale di 14.600 Kcal.

Alle esigenze della lattazione, le femmine dei mammiferi fanno fronte ricorrendo alle proprie riserve organiche ed ai contenuti della razione. In particolare, nelle prime fasi della lattazione, le vacche da latte forti produttrici, si trovano nell'impossibilità fisiologica di assorbire e metabolizzare (assumendoli dagli alimenti loro somministrati) tanto Ca e P quanto ne richiede il latte prodotto quindi debbono necessariamente ricorrere alle riserve contenute nel loro scheletro.

Ne conseguono fatti di demineralizzazione, che restano nei limiti fisiologici qualora con l'alimentazione siano apportati sufficienti quantitativi di questi due elementi che saranno reintegrati nello stesso scheletro durante le successive fasi della lattazione o durante l'asciutta. L'interparto nella vacca è normalmente di 300-350-400 giorni e si suddivide in quattro fasi che corrispondono a quattro momenti diversi dell'alimentazione: alta, media, bassa produzione, e asciutta.

I primi tre momenti s'identificano nella curva di lattazione che esprime il potenziale genetico della vacca da latte, il quarto momento (asciutta) è, altrettanto, delicato perché è in grado di restituire all'animale quanto prelevato dal proprio organismo con la precedente lattazione e di prepararla alla successiva. L'applicazione della tecnica di alimentazione, della lattifera per fasi, è favorita dai moderni sistemi computerizzati che controllano e regolano, animale per animale, il rapporto alimentazione / produzione / peso forma, corrispondendo ad ogni vacca l'alimentazione che le è dovuta agendo soprattutto sui quantitativi giornalieri di concentrati (distributori automatici/dosatori a collare).

Fabbisogni S.S. bovina da latte

equazione che tiene conto del PV e del latte al 4%

$$S.S. = (PV \times 0,0185) + (Kg \text{ latte al } 4\%) \times 0,305$$

Es. calcolare la S.S. consumata da una bovina di 600 Kg e che produce 32,5 Kg di latte al 3,5%

trasformazione latte al 3,5% in latte standard:

$$32,5 \times (0,4 + 0,15 \times 3,5 = \text{Kg } 30 \text{ al } 4\% \text{ di grasso}$$

$$\text{calcolo S.S.} = (600 \times 0,0185) + (30 \times 0,305) =$$

$$11,1 + 9,15 = 20,25 \text{ Kg S.S.}$$

si ricorre a tabelle che tenendo conto del peso vivo e della produzione di latte danno un valore che va moltiplicato per il peso vivo:

Esempio precedente: fattore di moltiplicazione = 3,5

$$S.S. \text{ richiesta} = 600 \times 3,5 = 21 \text{ Kg}$$

Va considerato:

nei primi 90-100 giorni di lattazione l'ingestione si riduce di un 15% rispetto al valore teorico

per sollecitare una buona produzione ruminale di AGV il rapporto foraggi : concentrati deve essere:

60 : 40 per basse produzioni

50 : 50 per medie produzioni

40 : 60 per alte produzioni

Fabbisogni UFL bovina da latte

Si possono usare due metodi di calcolo:

considerare i fabbisogni per il mantenimento e per la produzione di latte al 4%:

mantenimento = $1,4 + 0,006 \times PV$

produzione = $0,44 \times \text{kg latte al 4\%}$

Es. Vacca di 600 Kg, produzione 32,5 al 3,5% di grasso

($32,5 \times (0,4 + 0,15 \times 3,5 = \text{Kg } 30$ al 4% di grasso):

mantenimento = $1,4 + (0,006 \times 600) = 1,4 + 3,6 = 5,0 \text{ UFL}$

produzione = $30 \times 0,44 = \underline{13,2 \text{ UFL}}$

Totale 18,2 UFL

l'UFL va riferita alla S.S. che la bovina dovrebbe ingerire ed il suo valore è proporzionale all'entità della produzione:

80% per bassa produzione

88% per media produzione

90% per alta produzione

Es. nell'esempio precedente la bovina dovrebbe ingerire 19,7 Kg di S.S. e quindi $19,7 \times 0,90 = 17,73 \text{ UFL}$

Accorgi- menti	<ul style="list-style-type: none"> - gli alimenti vengono digeriti meno con l'inserimento di elevate quantità di concentrati: deprimono l'attività dei batteri cellulosolitici e riducono il livello energetico della razione e, quindi, bisognerebbe supplementare la razione di 0,1 – 1,5 UFL a secondo la qualità del foraggio; - in animali al pascolo bisogna prevedere un supplemento di 20% e 50% UFL, rispettivamente se in pianura e montagna; - un supplemento di 0,4 – 0,7 e di 0,1 – 0,2 UFL è previsto per le primipare e le pluripare, rispettivamente per l'accrescimento
-------------------	---

I fabbisogni nutritivi della lattazione, sotto il profilo energetico, proteico, minerale e vitaminico dipendono dal quantitativo di latte prodotto e dalla sua composizione (soprattutto il grasso), che varia da specie a specie e per la percentuale di grassi e di proteine, anche da razza a razza se non da animale ad animale (ereditabilità del contenuto in grasso: $h^2 = 0,8$; per le proteine = 0,5). Leroy suggerisce che, mediamente bisogna somministrare 0,38 U.F. con 60 g di proteine digeribili x Kg di latte prodotto. In pratica, secondo Borgioli, si calcolano i fabbisogni in unità foraggiere per ogni kg di latte facendolo coincidere con tanti centesimi di unità, quanti sono i grammi di grasso contenuti in un kg di latte:

0,34 per 1 Kg di latte al 3,4% di grasso

0,38 " " " " 3,8% "

0,40 " " " " 4,0 "

fermo restando i 60 g di proteina digeribile. Necessità che si rende indispensabile soddisfare soprattutto quando la produzione giornaliera supera i 20 kg di latte (produzione media di una buona lattifera). Comunque, è necessario tenere conto di una quota di maggiorazione del 12-15% in quanto ci possono essere delle discrepanze tra valore nutritivo teorico dei foraggi e dei mangimi ed il valore nutritivo reale e sia perché il fabbisogno di mantenimento e quello della produzione di latte (unità) aumentano con il livello nutritivo e produttivo. I fabbisogni proteici di lattazione sono soddisfatti con i 60 g di protidi digeribili/kg di latte, ma nei monogastrici è necessario somministrare aminoacidi essenziali in quanto non sono in grado di sintetizzarli. Per i minerali, non vanno trascurati il Ca e il P. Il fabbisogno vitaminico non presenta problemi quando la lattifera usufruisce d'alimentazione verde, con l'alimentazione secca invece bisogna

somministrare caroteni e vitamina A in quantità di 20-25 mg/kg di latte prodotto. Per i monogastrici bisogna somministrare le diverse vitamine.

Controllo dello stato di nutrizione della bovina	
Presentazione	Punteggio
I processi trasversi delle vertebre lombari sono facilmente distinguibili al tatto e risultano appuntiti: notevole è la depressione fra spina dorsale ed anca. Attorno alla coda vi è una profonda cavità, la cute è aderente allo scheletro per assenza di grasso (troppo magra)	1
I processi trasversi delle vertebre lombari possono essere identificati individualmente al tatto, ma si sentono arrotondati; la depressione fra spina dorsale ed anche è ben visibile. La cavità attorno alla coda è meno profonda, ma le ossa sono ancora prominenti; vi è traccia di grasso nel sottocute e la pelle è flessibile	2
Processi trasversi arrotondati e la depressione fra spina dorsale ed anca è meno evidente. Cavità attorno alla coda poco pronunciata e con grasso presente in misura modesta, ma le ossa del bacino si sentono bene.	2,5
I processi trasversi delle vertebre lombari si possono sentire soltanto con una certa pressione e la depressione fra spina dorsale ed anca è leggera. La presenza di grasso è ben percettibile anche sulla punta della natica, la pelle è morbida e le ossa del bacino si sentono ancora.	3.0
I processi trasversi si sentono solo con notevole pressione e sopra lo strato è spesso per cui la depressione fra spina dorsale ed anca è pressoché scomparsa. L'area attorno alla coda è quasi riempita di grasso, la pelle è morbida e flessibile mentre le ossa si sentono con difficoltà	3,5
I processi trasversi non si sentono più e non si apprezza la depressione fra la linea della spina dorsale ed anca. Il grasso sulla punta della natica è ben visibile ed è soffice al tatto; la cavità attorno alla coda è totalmente scomparsa (troppo grassa)	4.0
<p>Punteggio ottimale nelle diverse fasi: al parto..... 3,0-3,5 2-3 mesi dopo il parto 2,0 meglio se 2,5 fine lattazione 3,0</p>	

Negli ultimi anni nell'alimentazione della bovina da latte assumono importanza:

A) **il rapporto foraggi: concentrati:** normalmente è espresso in percentuale della sostanza secca totale apportata dalla razione, dipende dallo stadio fisiologico dell'animale (asciutta, lattazione), in secondo luogo dal livello produttivo e infine dalla qualità dei foraggi. I due parametri, che meglio sintetizzano il valore nutritivo di un foraggio, sono il contenuto in fibra (NDF) e in energia (UFL), entrambe espresse sulla sostanza secca per poter meglio confrontare più facilmente i foraggi a diverso tenore d'umidità. Va precisato che, il silomais va considerato un foraggio a se stante in quanto circa metà della sua S.S. è ascrivibile alla granella che ha un contenuto energetico simile a quello di un concentrato.

Rapporti foraggi : concentrati, espressi sulla sostanza secca, delle bovine in lattazione, in funzione della qualità del foraggio e del livello produttivo (i rapporti sono solo orientativi)

Foraggio		Kg di latte al 4% di grasso							
NDF	UFL	Asciutta	< 15	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	> 40
> 60	0,6	85 : 15	65 : 35	60 : 40	50 : 50	45 :55	40 :60	-	-
50-60	0,7	90 : 10	70 :30	65 : 35	55 : 45	50 :50	45 :55	40 :60	35: 65
45-50	0,8	-	75 : 25	70 : 30	60 : 40	55 :45	50: 50	45: 55	40 :60
< 45	0,9	-	80 : 20	75 : 25	65 : 35	60 :40	55 :45	50:50	45 :55

Inoltre, bisogna considerare che tutti gli standard alimentari nutritivi sono, generalmente, impostati sulla sostanza secca (SS) ingerita o che si presume sarà ingerita dalla bovina. La Cornell University ha proposto la seguente formula per stimare la quantità di SS giornalmente ingerita dalla bovina da latte:

SS ingerita (kg/d) = PV (kg) x 0,0185 + latte 4% (kg) x 0,305.

Per calcolare la produzione di latte corretta al 4% di grasso (FCM = Fat Corrected Milk) gli americani consigliano la seguente formula:

Kg latte 4% = kg latte x (0,4 + 0,15 x % di grasso del latte);

ad esempio, 45 kg di latte al 3,6% di grasso equivalgono a:

$$45 \times (0,4 + 0,15 \times 3,6) = 42,3 \text{ kg latte 4\% (FCM).}$$

B) **la concentrazione energetica** - il fabbisogno energetico viene espresso in UFL/kg SS: il valore minimo (0,80 UFL/ kg SS) si ha per produzioni di latte inferiori a 15 kg FCM/giorno, quello massimo (0,97 UFL/kg SS) per produzioni superiori a 40 kg FCM/giorno. Con produzioni comprese tra 15 e 40 kg FCM/giorno la concentrazione energetica della razione si può calcolare con la seguente equazione:

$$\text{UFL/kg SS} = \text{FCM} \times 0,0062 + 0,7204$$

Se la bovina è in asciutta la concentrazione energetica consigliata è pari a 0,65 UFL/kg SS che dovrebbe passare a 0,80 negli ultimi 15 giorni prima del parto.

Il fabbisogno energetico giornaliero complessivo per una bovina è dato dalla somma:

1) mantenimento: $\text{UFL/d} = 1,4 + 0,006 \times \text{kg PV}$

2) produzione di latte: $\text{UFL/d} = 0,44 \times \text{kg FCM}$ (va considerato che un kg di FCM contiene 3096 kJ, mentre, un'UFL ne ha 7113 e, quindi, per la produzione di un kg di FCM la bovina necessita di $3096/7113 = 0,44$ UFL)

3) ricostituzione riserve corporee: $\text{UFL/d} = 4,5 \times \text{kg di incremento ponderale giornaliero}$ (le riserve corporee sono costituite da grasso che ha un contenuto energetico di 31.380 KJ e quindi per ogni kg di incremento ponderale la bovina avrà bisogno di $31.380/7113 = 4,5$ UFL circa); per le primipare per ogni kg di incremento giornaliero si dovrebbero somministrare 3 UFL, considerando che il loro incremento è dovuto anche alle masse muscolari e ossee che hanno un minor contenuto energetico.

Calcolo dell'EL del latte

Componenti	g/kg	EL MJ/kg	EL MJ/kg latte
Grasso	40	38,12	1,52
Proteine	34	24,52	0,83
Carboidrati	47	16,54	0,78
Latte			3,13

Composizione del latte in alcune razze bovine (g/kg)

	<i>Shorthorn</i>	<i>Friesian</i>	<i>Ayrshire</i>	<i>Gurnsey</i>
<i>Grasso</i>	35,3	34,6	36,9	44,9
<i>Residuo magro</i>	87,4	86,1	88,2	90,8
<i>Proteine</i>	33,2	32,8	33,8	35,7
<i>Lattosio</i>	45,1	44,6	45,7	46,2
<i>Ceneri</i>	7,6	7,5	7	7,7
<i>Calcio</i>	1,21	1,13	1,16	1,30
<i>Fosforo</i>	0,96	0,90	0,93	1,02
<i>Valore energetico (MJ/kg)</i>		3,04	3,09	3,40

C) **concentrazione proteica**: almeno all'inizio un'elevata concentrazione proteica tende ad aumentare la produzione di latte, spesso, però, ciò si accompagna a problemi d'ordine sanitario. La percentuale di PG, sul secco, varia dal 14 (bovine che producono meno di 15 kg FCM/d) al 18% (per produzioni superiori a 40 kg FCM/d) mentre, per produzioni intermedie le PG sono calcolate con l'equazione: $PG (\% SS) = FCM \times 0,144 + 12,008$. Per le bovine in asciutta il contenuto di PG sulla SS è del 12%: oscillazioni del 3 e 6% sono consentite per le bovine in lattazione e in asciutta, rispettivamente.

L'aumento del tenore proteico deve essere seguito da una maggiore concentrazione energetica della dieta ed, in modo particolare, d'**amido** e di **zuccheri** per dare la possibilità ai microbi ruminali di utilizzare più efficacemente l'azoto, che si libera dalle proteine e, quindi, impedire un innalzamento del tasso ammoniacale nel rumine e d'urea nel sangue e nel latte. La concentrazione ottimale, in amidi e zuccheri, è del 19% sulla SS per produzioni fino a 15 kg di latte e passa al 26% per produzioni superiori a 40 kg; per produzioni intermedie i fabbisogni sono calcolati con l'equazione (sono ammesse variazioni del 10%):

$$\mathbf{Amido + zuccheri (\% SS) = FCM \times 0,2 + 1,74}$$

Peraltro, aumentando la concentrazione proteica della razione deve aumentare anche quella delle proteine by-pass (UIP). Con produzioni giornaliere di latte inferiori ai 15 kg FCM le UIP dovrebbero essere il 30% delle PG e le PDI il 9% della SS. Con produzioni comprese tra 15 e 40 kg FCM sono impiegate le seguenti equazioni:

$$\mathbf{- UIP (\% SS) = FCM \times 0,34 + 24,28}$$

$$\mathbf{- PDI (\% SS) = FCM \times 0,132 + 6,324}$$

L'oscillazione consentita è del 6 e 3%, rispettivamente, per le UIP e le PDI. Nelle bovine in asciutta il contenuto ottimale di PDI sulla SS è dell'8%

In sintesi la quantità di PDI (g/d) da somministrare alle bovine è di:

- mantenimento: $0,65 \times \text{kg PV}$

- produzione di latte: $55 \times \text{kg FCM}$ (L'INRA in Francia consiglia 48 g anziché 55)

- accrescimento: $300 \times \text{kg d'incremento ponderale}$

- gestazione: 200 nell'ultimo mese di gestazione.

Il fabbisogno di proteine degradabili nella vacca in lattazione dipende dalla taglia dell'animale, dalla quantità di latte che produce e dalle variazioni del suo peso corporeo. Da questi fattori dipende il fabbisogno energetico e, quindi, il fabbisogno di proteine dei microrganismi ruminali. Questo può essere calcolato pari a 8,34 g per MJ di EM/giorno per le diete miste, 8,67 g per le diete a base di insilati e 7,84 g per le diete costituite solo da insilati. Oltre che il fabbisogno microbico bisogna considerare la richiesta proteica a livello dei tessuti dell'animale e cioè:

a) una quota per il mantenimento pari a $2,19 \text{ g/kg } W^{0,75}$;

b) una quota per il latte calcolata come proteine del latte (g / kg) x 0,95.

Quando il tenore proteico del latte non è conosciuto, può essere desunto dal tenore in grasso (G), utilizzando l'equazione di regressione di Gaines e Overman:

$$\text{Proteine (g/kg)} = 21,7 + 0,31 G$$

o, altrimenti, si usa il contenuto proteico medio delle razze allevate nella zona. L'uso del fattore 0,95 è giustificato dal fatto che la quota di azoto non proteico del latte è considerata come materiale di escrezione di sostanze già utilizzate dall'organismo e pertanto già precedentemente prese in considerazione.

c) una quota relativa alle perdite di proteine a livello della cute, per perdita di peli e desquamazioni che è pari a: $0,1125 \text{ g/kg } W^{0,75}$;

d) una quota relativa alle variazioni di peso corporeo; si considera che i tessuti corporei contengono 150 g di proteine per kg e che le proteine dei tessuti sono usate per la produzione del latte con un rendimento dello 0,75 e che per ogni kg di peso corporeo perso il fabbisogno di proteine si riduce di $150 \times 0,75 = 112 \text{ g}$ di proteine. Il fabbisogno di proteine dei tessuti (PT) può essere coperto da proteine microbiche, sintetizzate nel rumine.

Calcolare il fabbisogno proteico per una vacca che produce 30 kg di latte al giorno contenente 32 g /kg di proteine e che perde 0,4 kg di peso corporeo al giorno

Fabbisogno di EM (MJ/giorno)	202,3
fabbisogno di PDR (g/giorno) = $8,34 \times 202,3$	1687,2
Proteine per il mantenimento (g/giorno) $2,19 \times 600^{0,75}$	265,5
Proteine cutanee (g/giorno) = $0,1125 \times 600^{0,75}$	13,6
Produzione del latte (g/giorno) = $32 \times 0,95 \times 30$	912,0
Perdita di tessuto (g/giorno) = $0,4 \times 112$	44,8
PT (g/giorno) = $265,5 + 13,6 + 912 - 44,8$	1146,3
Fabbisogno di PNDR (g/giorno) $1,47 \text{ PT} - 6,6 \text{ EM}$	335,7
Apporti consigliati di PDR (g/giorno) = $1687,2 \times 1,05$	1772
Apporti consigliati di PNDR (g/giorno) = $335,7 \times 1,05$	352
fabbisogno di proteine grezze = $1772 + 352$	2124*

**Se la miscela di proteine PDR e PNDR non è ideale il fabbisogno può aumentare notevolmente*

Usando i fattori 0,80, 0,80 e 0,85 rispettivamente per calcolare la quantità di proteine vere nelle proteine grezze microbiche, per il valore biologico e per la digeribilità di queste proteine, il contributo delle proteine microbiche può essere così calcolato:

$$\text{PDR} \times 0,8 \times 0,8 \times 0,85 \text{ oppure } 8,34 \text{ EM} \times 0,8 \times 0,8 \times 0,85.$$

la differenza fra i fabbisogni dei tessuti e la fornitura di proteine microbiche deve essere compensata dalle proteine non degradabili a livello ruminale così calcolate:

$$\text{PNDR (g/giorno)} = (\text{PT} - (8,34 \text{ EM} \times 0,8 \times 0,8 \times 0,85)) / (0,8 \times 0,85)$$

$$\text{e semplificando si ha: PNDR (g/giorno)} = 1,47 \text{ PT} - 6,6 \text{ EM}$$

D) **contenuto in fibra:** più che sulla fibra grezza bisogna porre attenzione sulle frazioni fibrose (Van Soest): NDF (esprime l'ingombro della razione e quindi la capacità di ingestione) e ADF (comprende le frazioni meno digeribili e quindi è correlata negativamente con il valore nutritivo).

Almeno un terzo dell'NDF totale deve provenire da foraggi a fibra lunga strutturata (NDF-FLS), cioè che possiedono una dimensione superiore a 3 cm.

	Livello produttivo			Asciutta
	< 15	15-40	> 40	
NDF (% SS)	39	FCM x (-0,29) + 41,92	30	60
ADF (% SS)	24	FCM x (-0,08) + 23,44	21	38
FG (% SS)	20	FCM x (-0,08) + 19,44	17	30

E) **contenuto lipidico:** esso deve aumentare gradatamente con l'aumentare della produzione lattea, ciò al fine di soddisfare le esigenze energetiche senza abbondare con le sostanze amidacee. Bisogna considerare che soprattutto gli oli interferiscono negativamente con le fermentazioni batteriche a livello ruminale e quindi l'impiego oltre certi limiti deve essere caratterizzato da grassi con buona capacità di by-pass ruminale (sego, semi integrali di cotone ma solo se di buona qualità, grassi e oli idrogenati, acidi grassi salificati con calcio); peraltro, vanno utilizzati grassi di facile digestione a livello intestinale.

L'estratto etereo sul secco deve essere del 3% in bovine che producono meno di 15 kg di latte e del 6% in quelle che superano i 40 kg di produzione. Per produzioni intermedie vale l'equazione (variazione consentita 10% in più o in meno):

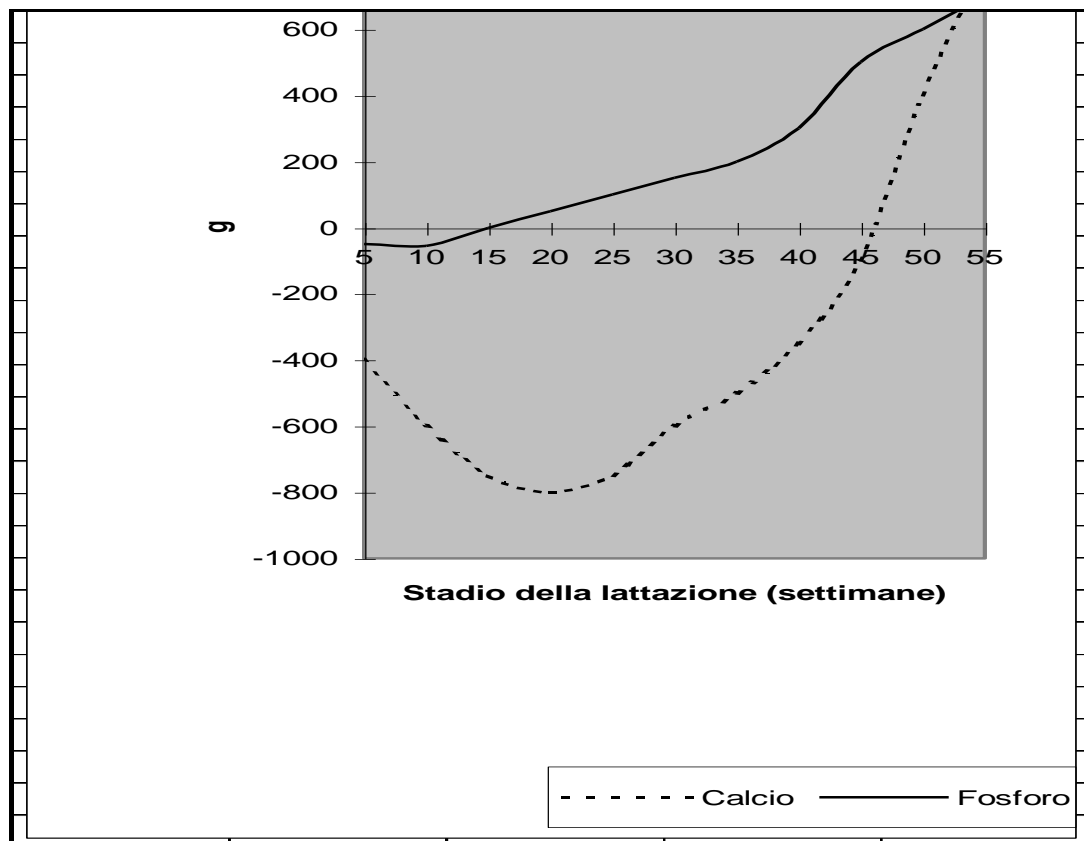
$$EE (\% SS) = FCM \times 0,0743 + 2,5684.$$

F) **contenuto in calcio e fosforo:** il rapporto Ca/P dovrebbe essere di 1,7 - 2 per le bovine in lattazione e di 1,3 per quelle in asciutta.

	Livello produttivo			Asciutta
	< 15	15-40	> 40	
Calcio (% SS)	0,6	FCM X 0,01 + 0,42	0,85	0,42
Fosforo (% SS)	0,35	FCM X 0,003 + 0,3	0,42	0,32
Variazioni ammesse: \pm 5-10%				

Il fabbisogno netto di calcio e fosforo per il mantenimento dovrebbe essere, rispettivamente, intorno a 16 e 14-28 mg/kg di peso vivo, per bovini che pesano circa 500 kg. Oltre a coprire il fabbisogno di mantenimento, Ca e P devono sopperire alla produzione del latte. Per calcolare i fabbisogni alimentari, è necessario conoscere l'utilizzabilità degli apporti alimentari che è rispettivamente di 0,68 e 0,58 per calcio e fosforo. Recenti indagini indicano che un apporto di 25-28 g di calcio e 25 g di fosforo al giorno è sufficiente per bovine che producono 4540 kg di latte all'anno per 4 lattazioni il che indica un fabbisogno di 1,1-1,32 g di calcio e 1,1 g di fosforo per kg di latte. Comunque, bisogna considerare che, è meglio abbondare un poco rispetto al fabbisogno, per assicurare una normale durata di vita e una soddisfacente attività riproduttiva. Anche apporti molto abbondanti di calcio e di fosforo sono, in genere, inadeguati per soddisfare il fabbisogno di questi due minerali della vacca che si trova all'inizio della lattazione, mentre alla fine della lattazione stessa e durante l'asciutta si verifica un accumulo. I bilanci negativi all'inizio della lattazione sono considerati normali, in quanto non è evidente nessun effetto negativo, purché in seguito le riserve organiche vengano ripristinate e quindi i fabbisogni di calcio e fosforo sono stimati sulla base della produzione totale della lattazione. Molti ritengono che un apporto adeguato per una bovina che produca 45 q di latte nel corso della lattazione deve essere di 45 g di calcio e 60 g di fosforo al giorno, per altri l'apporto deve essere di 39 g di calcio e 33 g di fosforo.

Se la carenza in Ca e P è notevole si può avere un indebolimento delle ossa e la loro rottura se, invece, è meno spinta determina una precoce riduzione dell'attività secretoria della mammella e quindi una minore produzione di latte. Nelle diete carenti di fosforo, il rapporto Ca/P può essere molto importante il quale generalmente dovrebbe essere di 1:1 - 2:1.



Calcolare le esigenze nutritive per una bovina di 5 qli che produce 20 litri di latte/giorno al 3,7% di grasso			
Mantenimento		Produzione	Totale
Energia Met.	47 MJ	$5,08 \times 20 = 101,6$ MJ	$47 + 101,6 = 148$ MJ/d
Energia netta	32 MJ	$3,05 \times 20 = 61$ MJ	$32 + 61 = 93$ MJ/d
UFI	4,5	$0,43 \times 20 = 8,6$ UFI	$4,5 + 8,6 = 13,1$ UFI/d
Proteine diger.	350 g	$50 \times 20 = 1000$ g	$350 + 1000 = 1350$ g/d
Calcio	35 g	$3,7 \times 20 = 74$ g	$35 + 74 = 109$ g/d
Fosforo	25 g	$1,5 \times 20 = 30$ g	$25 + 30 = 55$ g/d

Nel calcolare l'apporto di **magnesio** va considerato che il fabbisogno per il mantenimento è di 3 mg per kg di peso corporeo e di 0,125 g per kg di latte prodotto. Alle bovine in lattazione, generalmente, viene dato un supplemento di sodio cloruro il quale viene aggiunto al mangime o viene messo a disposizione sotto forma di rulli o di blocchi; bisogna preoccuparsi soprattutto del sodio in quanto il cloro è ben rappresentato nelle diete.

Esigenze in minerali e vitamine delle bovine

Elementi	Stato fisiologico	
Minerali	Asciutta	Lattazione
Potassio (% SS)	0,65	0,9-1,1
Magnesio (% SS)	0,17	0,22-0,28
Sodio (% SS)	0,12	0,16-0,10
Cloro (% SS)	0,18	0,25-0,3
Zolfo (% SS)	0,16	0,2-0,22
Ferro (mg/kg SS)	70	70
Cobalto (mg/kg SS)	0,1	0,1
Rame (mg/kg SS)	12	12
Manganese (mg/kg SS)	60	60
Zinco (mg/kg SS)	60	60
Iodio (mg/kg SS)	0,4	0,8
Selenio (mg/kg SS)	0,3	0,3
Vitamine		
A (UI/kg SS)	15.000	7000
D (UI/kg SS)	1500	1000
E (mg/kg SS)	40	25
Oscillazione: 10% massimo		

Fabbisogni nutritivi per la produzione del latte nelle bovine

	Latte al 4% di grasso (kg)							
	<15	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	>40	Asciutta
UFL/kg SS	0,8	0,83	0,86	0,9	0,93	0,95	0,97	0,65
PG (% SS)	14	14,7	15,2	16	16,8	17,5	18	12
UIP(% PG)	30	30	32,5	34	35,5	37	38	
PDIN (% SS)	9	9,2	9,5	10,2	10,7	11,2	11,5	8
PDIE (% SS)	9	9,2	9,5	10,2	10,7	11,2	11,5	8
Estratto etereo (% SS)	3,5	4	4,2	4,5	5	5,5	6	
NDF (% SS)	39	37	35	33,5	32,5	31	29	60
NDF-FLS minimo (% SS)	11,1	10,5	10	9,6	9,3	8,9	8,6	
ADF (% SS)	24	23	22,6	22,2	21,8	21,4	21	38
FG (% SS)	20	19	18,6	18,2	17,8	17,4	17	30
Amidi e Zuccheri (% S.S.)	20	21	22	23	24	25	26	
Calcio (% S.S.)	0,6	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,42
Fosforo (% S.S.)	0,35	0,35	0,37	0,39	0,4	0,41	0,42	0,32

In presenza di carenza di sodio si ha perdita di appetito, pelo opaco e ruvido, debolezza, apatia, dimagrimento, riduzione della produzione del latte. Carenze di sale e bassi livelli di sodio si manifestano nel sangue e nelle urine già dopo tre settimane nelle vacche altamente produttive se la razione non è ben integrata mentre, la perdita di appetito, il calo di peso e l'abbassamento della produzione di latte si evidenziano dopo un anno circa. Il fabbisogno netto di sodio è di circa 0,60 g/kg di latte prodotto

e di 8 mg/kg di peso corporeo. In genere, si consiglia di integrare con 28 g al giorno di cloruro di sodio, oltre quello presente negli alimenti, oppure si aggiungono 15 kg per tonnellata di mangime concentrato.

Patologie puerperali frequenti nella vacca grassa (da Ballarini)	
Turbe genitali:	<ul style="list-style-type: none"> - difficoltà di parto - ritenzione placentare - metriti - infertilità
Turbe della produzione di latte	<ul style="list-style-type: none"> - Edema della mammella - Mastiti - Scarsa produzione di latte - Riduzione del contenuto lipidico del latte
Turbe metaboliche	<ul style="list-style-type: none"> - Steatosi epatica e renale - Collasso puerperale ipocalcémico - Paresi puerperale - Chetosi - Tetanie
Turbe digestive	<ul style="list-style-type: none"> - Indigestioni ruminali - Abomasiti ed ulcere abomasali - Dislocazioni dell'abomaso
Turbe varie	<ul style="list-style-type: none"> - Sindromi podali - Rifondimento acuto o cronico

Nel caso dell'alimentazione della fattrice da carne in asciutta bisogna fare distinzione rispetto alla vacca da latte dell'inizio della lattazione e il tipo di alimentazione, più idoneo allo scopo. Se infatti nella lattifera si deve favorire la spinta latte e soprattutto cercare di coprire il divario fra fabbisogno ed ingestione, una esigenza contraria si presenta per la fattrice da carne la cui utilizzazione deve attenuare la secrezione latte iniziale. Giacché tutto il latte è destinato al redo, i cui fabbisogni sono assai modesti alla nascita per poi accrescersi gradualmente finché la sua capacità di ingerire altri alimenti lo renderà meno dipendente dal latte materno, la produzione di latte dovrà seguire tale evoluzione se si vorranno evitare gravi rischi per il redo (diarrea per eccesso di latte ingerito) o per la fattrice (mastiti). Per ottenere il risultato, prima indicato, è consigliabile, oltre ad impedire l'eccessivo ingrassamento (che nella fattrice adulta comporta l'ingestione di non oltre 5-6 U.F. contro le 6-7 della lattifera), bisogna ridurre l'apporto energetico-proteico nelle ultime fasi della gravidanza e nei primi giorni di lattazione. L'aumento sarà, invece, consigliabile quando il vitello avrà superato i 25-30 giorni di vita e richiederà più latte; tale aumento fungerà inoltre da stimolo per un recupero della funzione riproduttiva e favorirà il successivo concepimento, quindi la fertilità (flushing).

In sintesi durante il periodo di asciutta occorre:

- somministrare buoni foraggi ricchi di fibra per stimolare l'attività ruminale;

- impedire un eccessivo ingrassamento, somministrando non più di 2-3 kg di concentrato al giorno e mantenendo un rapporto foraggi concentrati di 70/30;
- usare foraggi di cui si prevede l'impiego anche nel successivo periodo di lattazione e ciò al fine di predisporre la flora batterica ruminale;
- praticare lo steaming-up;
- regolare l'apporto in minerali: l'apporto di calcio e fosforo dovrà avere un rapporto di 1/5 (50-60 g di Ca e 30-40 g di P), evitando l'apporto massiccio di foraggi di leguminose le quali sono molto ricche in calcio;
- costituire buone riserve in vitamine liposolubili (A, D, E);
- far riassumere il peso forma ed una leggera "messa in carne" ma evitare l'ingrassamento in quanto esso se eccessivo causa molti inconvenienti sia durante il parto che nella prima fase della lattazione (sindrome della vacca grassa).

7.4.2 Modalità di somministrazione degli alimenti

Nelle grandi lattifere il problema di fondo è quello di soddisfare le loro esigenze, soprattutto energetiche, mantenendo il biochimismo ruminale in condizioni ottimali rispetto alla produzione sfruttata. Ciò può essere raggiunto:

- somministrando in modo molto frazionato gli alimenti (10-14 pasti) il che consente anche un normale andamento delle fermentazioni ruminali;
- somministrando i vari alimenti di base opportunamente trinciati e mescolati tra di loro, in modo da favorire l'ingestione volontaria e di garantire un adeguato apporto energetico e di fibra;
- provvedere alla somministrazione individuale di quel tanto di mangimi concentrati che occorre ad ogni singola bovina per completare i propri fabbisogni energetici, proteici, minerali e vitaminici.

La realizzazione di modalità pratiche di alimentazione che tendono a soddisfare le esigenze sopra elencate si può avere, in stalle a stabulazione libera, mediante:

a) Adozione dell'**Unifeed** o piatto unico: è una tecnica di alimentazione che prevede la somministrazione di razioni complete e bilanciate, opportunamente trinciate e miscelate, somministrate *ad libitum* a gruppi omogenei di bovine. I vantaggi più evidenti consistono in una più semplice preparazione e somministrazione della razione, una diminuzione dei fenomeni di competizione e di disturbo alla mangiatoia, una impossibile selezione da parte dell'animale di un determinato alimento più gradito. La disponibilità *ad libitum* dell'alimento consente, inoltre, un numero più elevato di pasti che, insieme alla costante ed equilibrata miscelazione dei componenti, determina una maggiore costanza del pH e dei fenomeni biochimici del rumine. L'*unifeed* vero e proprio, cioè alimentando le bovine esclusivamente in mangiatoia con le 2-3 miscelate giornaliere, non è facilmente praticabile nelle nostre aziende in quanto il numero delle lattifere allevate non è tale da permettere la formazione di diversi gruppi omogenei necessari per una corretta alimentazione collettiva. Pertanto si rende necessario somministrare con il carro miscelatore solo parte della razione (di base), per poi integrare con l'autoalimentazione quanto è dovuto ad ogni singola bovina.

b) **Autoalimentazione**: si tratta di particolari tramogge (box o stazioni di alimentazione) capaci di contenere la miscela di mangimi concentrati specificatamente formulata secondo le necessità di "bilanciamento della razione" del gruppo di bovine cui è destinata. La distribuzione della miscela è regolata da un'apparecchiatura elettronica o da un computer (a mezzo trasponder applicato al collare o attraverso una trasmittente fissata nello stomaco della bovina che viene poi recuperata alla macellazione) in modo che ogni bovina, debitamente riconosciuta dall'impianto (generalmente il ciclo di 24 ore è diviso in 1.440 minuti e, in pratica, ogni animale, per

ciascun minuto trascorso tra una utilizzazione e l'altra, può avere 1/1440 della razione di sua spettanza), abbia a disposizione della giornata molte piccole dosi di concentrato (esistono anche autoalimentatori elettronici non collegati a computer per i quali l'allevatore deve, ogni 2-3 giorni, regolare a mano l'apparecchiatura del collare fissando il quantitativo di concentrato che la bovina deve avere durante la giornata), fino a raggiungere il quantitativo totale che le compete secondo le proprie individuali necessità date dallo stato fisiologico, dal livello e dallo stadio di lattazione, ecc., e per bilanciare la quota di razione base che può aver assunto volontariamente dalla mangiatoia.

L'elaboratore memorizza la quantità di concentrati non consumati e li mette a disposizione dello stesso animale nel ciclo successivo e se l'impianto è collegato al computer fornisce all'allevatore l'elenco dei soggetti (lista di allarme) che per qualsiasi motivo non hanno consumato per intero la razione loro assegnata.

I vantaggi derivanti dall'autoalimentazione, soprattutto quella computerizzata, sono:

- le piccole dosi distribuite in più riprese, durante le 24 ore, oltre che favorire la funzionalità del ruminante, non fanno diminuire l'appetito e il gradimento per i foraggi della razione base, anzi ne aumentano l'ingestione in quanto i concentrati richiamano la fibra e viceversa;
- permette la realizzazione nella mandria di due o tre soli gruppi (gruppo delle bovine in asciutta, gruppo delle bovine in lattazione che a sua volta può essere diviso in due, in funzione dello stadio della lattazione).

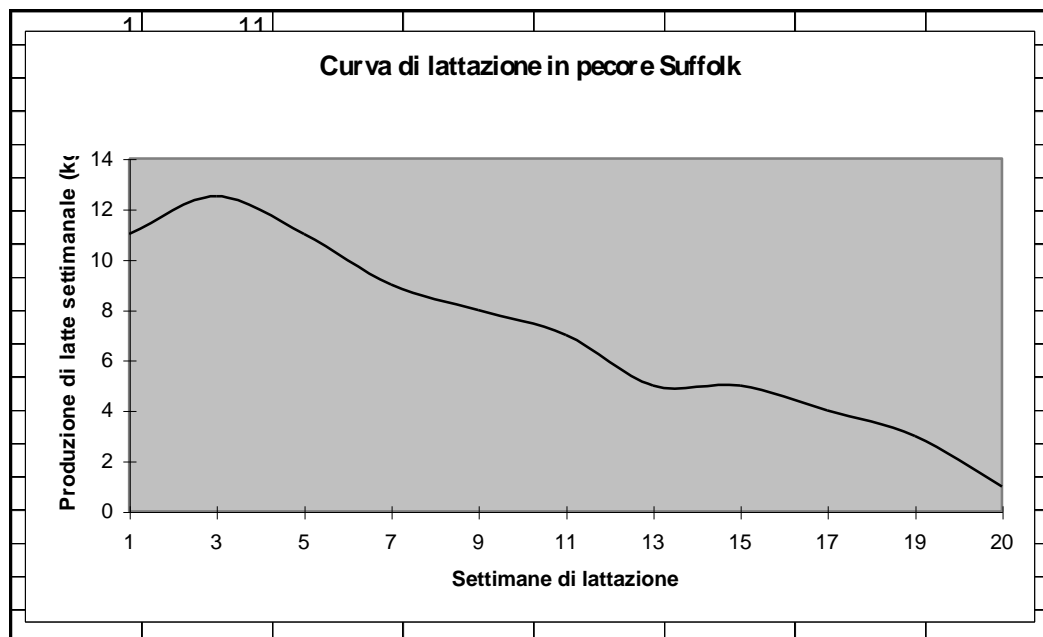
I vantaggi derivanti dall'adozione dell'unifeed e dell'autoalimentazione possono essere così riassunti:

- aumento della produzione di latte del 5-8%;
- aumento fino al 10% dell'ingestione volontaria;
- miglioramento del 4-5% dell'efficienza di utilizzazione degli alimenti;
- più costanza della curva di lattazione;
- riduzione delle forme di acetonemia e di acidosi;
- minore perdita di peso nella prima fase della lattazione;
- maggior peso delle primipare a fine lattazione;
- possibilità di mascherare alimenti poco appetibili, purché buoni;
- impossibilità per l'animale di scegliere o scartare qualche componente della razione;
- minore incidenza delle mastiti, delle malattie podali e delle forme di infertilità;
- riduzione della manodopera per la distribuzione degli alimenti e semplificazione delle operazioni di controllo degli alimenti;
- possibilità di meccanizzazione completa;
- aumento del tenore proteico e lipidico del latte;
- minor costo di produzione per Kg di latte.

Nelle condizioni italiane, la possibilità di utilizzare l'unifeed è legata alla disponibilità di insilato di mais da utilizzare come foraggio base. Per tale motivo, questa tecnica ha, finora, trovato scarsa applicazione nelle zone dove il latte viene destinato alla produzione di formaggi a lunga stagionatura (grana, provolone, ecc.) a causa degli inconvenienti (gonfiore precoce, gonfiore tardivo, ecc.) che possono essere determinati dall'impiego dell'insilato di mais, inconvenienti dovuti soprattutto alla contaminazione del latte da parte di sporigeni e in modo particolare da parte del *Clostridium thirobutirricum*. Alcune ricerche (Piva e coll., 1985) indicano, però, che adottando opportuni accorgimenti igienici, è possibile impiegare convenientemente e proficuamente la tecnica dell'unifeed abbinata a all'uso dell'autoalimentatore anche nelle suddette zone.

7.4.3. Esigenze nutritive per la produzione del latte nella pecora

La lattazione della pecora solitamente dura 12-20 settimane; il massimo della produzione si ha nella seconda e terza settimana, poi declina gradatamente. Circa il 38% della produzione totale si ha nel primo mese, il 30% nel secondo mese, il 21% nel 3° mese e l'11% nel 4° mese di lattazione.



I fabbisogni energetici e proteici di lattazione sono proporzionalmente superiori a quelli dei bovini in quanto il latte è più grasso e con un più alto contenuto proteico. Si utilizzano 0,6 U.F. e 80 g di proteina digeribile per kg di latte prodotto.

Il fabbisogno netto di energia per il mantenimento (E_m) può essere così calcolato:

$$E_m = 0,226 (W/1,08)^{0,75} + 0,0106 W$$

Per le pecore tenute all'aperto bisogna tenere presente la maggiore attività muscolare. Per quelle tenute in pianura si può usare il valore 0,0225 anziché 0,0106 mentre per quelle che pascolano in collina va usato 0,0337. Il contenuto energetico del latte di pecora è uguale:

$$VE_l (MJ/kg) = 0,0328 G + 0,0025D + 2,20;$$

dove G = contenuto in grasso e D = giorno di lattazione.

Quando non sono disponibili dati sulla composizione del latte si può adottare il valore di 4,6 MJ/kg. Il valore energetico dei tessuti corporei mobilizzati dalla pecora variano nel corso della lattazione da 17 a 68 MJ/kg ed è più elevato all'inizio della lattazione.

In mancanza di dati precisi si è proposto di adottare (come per la vacca e la capra) il valore di 26 MJ/kg. Ogni kg di tessuto mobilizzato fornisce: $26 \times 0,84 = 21,84$ MJ di energia netta come latte ed ogni kg di peso guadagnato aumenta il fabbisogno di energia netta dell'animale di: $26/0,95 = 27,36$ MJ.

ESIGENZE NUTRITIVE PECORE IN LATTAZIONE								
Composizione latte di pecora (g)	Grasso 74 , residuo magro 119, proteina grezza 55 , lattosio 48, calcio 1,6 , fosforo 1,3 , magnesio 0,17							
Durata lattazione	12-20 settimane							
Produzione latte	38% 1° mese 30% 2° “ 21% 3° “ 11% 2° “							
Contenuto energetico latte	E latte (MJ/Kg) = 0,0328 G + 0,0025 D + 2,20 Contenuto medio = 4,6 MJ/Kg							
Valore energetico tessuti corporei	17 – 38 MJ/Kg (più elevato inizio lattazione) Valore medio = 26 MJ/Kg							
Energia netta: Tessuti mobilizzati Guadagno peso	26 x 0,84 = 21,84 MJ 26 : 0,95 = 27,36 MJ							
ESIGENZE	Energia: Km = 0,7 Kl = 0,62 Mantenimento: $0,226 (W/1,08)^{0,75} + 0,0106 * W$							
	*per pecore che pascolano in pianura = 0,0225 * “ “ “ “ collina = 0,0337							
	UFI = $0,045 W^{0,75}$ Produzione: $4,6/0,62 = 7,42 \text{ MJ/Kg} = 1,02 \text{ UFI}$ UFI = 0,42/Kg latte al 4% di grasso E.M. fornita da perdite corporee = 26 MJ/Kg Proteine: Proteine degradabili = 8,34 g /MJ energia ingerita Proteine non degradabili = 1,47 x proteine tissutali – 6,67 x EM ingerita <u>Proteine tissutali</u> = Mantenimento: 2,19 g/ $W^{0,75}$ Produzione latte: 53 x 0,95 g /Kg Guadagno peso: 130 g/Kg Perdita peso: 98 g /Kg <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Mantenimento</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Produzione*</td> </tr> <tr> <td>Calcio: PV x 0,016/0,51</td> <td>Kg x 1,6/0,51</td> </tr> <tr> <td>Fosforo: PV x 0,03/0,58</td> <td>Kg x 1,3/ 0,58</td> </tr> <tr> <td>Magnesio: PV x 0,003/0,17</td> <td>Kg x 0,17/0,17</td> </tr> </table> * latte al 4% di grasso	Mantenimento	Produzione*	Calcio: PV x 0,016/0,51	Kg x 1,6/0,51	Fosforo: PV x 0,03/0,58	Kg x 1,3/ 0,58	Magnesio: PV x 0,003/0,17
Mantenimento	Produzione*							
Calcio: PV x 0,016/0,51	Kg x 1,6/0,51							
Fosforo: PV x 0,03/0,58	Kg x 1,3/ 0,58							
Magnesio: PV x 0,003/0,17	Kg x 0,17/0,17							

Proteine - Il fabbisogno (g/giorno) di PDR è di 8,34 di EM ingerita e quello di proteine alimentari non degradabili nel rumine (g/giorno) è pari a 1,47 proteine tissutali richieste - 6,67 di EM ingerita. Il fabbisogno dei tessuti comprende quello necessario per il mantenimento ($2,19 \text{ g/kg}W^{0,75}$), quello per la produzione lattea (53 g/kg) e quello necessario o reso disponibile dalla variazione di peso del corpo (130 g/kg per il guadagno e 98 g/kg per la perdita di peso).

Elementi minerali - Le perdite endogene (fabbisogno netto per il mantenimento) di calcio, fosforo e magnesio sono rispettivamente di 16, 30 e 3 mg/kg di peso corporeo. Il fabbisogno netto per la produzione del latte è di 1,6 g di Ca, 1,3 g di P e 0,17 g di Mg. Si può presumere che la disponibilità di questi minerali presenti nella dieta sia dello 0,51 per il calcio, 0,58 per il fosforo e 0,17 per il magnesio.

Fabbisogni energetici e proteici delle pecore a fine gravidanza

Peso Kg	Tipo di Gravidanza	Settimane prima del parto					
		6-5		4-3		2-1	
		UFL n.	PDI g	UFL n.	PDI g	UFL n.	PDI g
40	Singola	0,62	67	0,72	87	0,85	102
	Gemellare	0,64	72	0,75	95	0,90	110
50	Singola	0,72	72	0,84	90	0,98	105
	Gemellare	0,74	77	0,94	102	1,15	125
60	Singola	0,80	80	0,94	100	1,14	115
	Gemellare	0,82	90	1,02	115	1,32	140
70	Singola	0,88	90	1,02	115	1,22	130
	Gemellare	0,90	110	1,10	135	1,40	150

Fabbisogni alimentari delle pecore in lattazione, per litro di latte prodotto

Mesi dopo lo Svezamento	Composizione latte %		Esigenze per litro di latte			
	grasso	proteine	UFL (n.)	PDI (g)	Ca (g)	P (g)
1-2	5,8	4,9	0,59	74		
	6,2	5,3	0,62	80	6,4	2,5
3-4	6,5	5,5	0,64	83		
	7,5	6	0,72	90	6,4	2,5
5-6	8	6,2	0,75	93		
	9	6,2	0,80	93	7,0	2,8

7.4.4. Esigenze nutritive per la produzione del latte nella capra

I valori relativi alle esigenze di mantenimento della capra sono molto discordanti e mediandoli tra di loro (Sauvant e Morand-Fehr, 1991) si ottiene un valore medio giornaliero di EM_m di 445 kJ/kg PM, pari a circa 320 kJ/kg PM di EN_m , considerando un'efficienza di conversione della EM_m in EN_m del 72% circa.

ESIGENZE NUTRITIVE CAPRE IN LATTAZIONE									
Composizione latte di capra (g)	Grasso 45 , residuo magro 87 , proteina grezza 33, lattosio 41 , calcio 1,3 , fosforo 1,1 , magnesio 0,20								
Durata lattazione	8-12 settimane								
Contenuto energetico latte	E latte (MJ/Kg) = 0,04 G + 1,66 Contenuto medio = 3,46 MJ/Kg								
Valore energetico tessuti corporei	17 – 30 MJ/Kg (più elevato inizio lattazione) Valore medio = 26 MJ/Kg								
Energia netta: Tessuti mobilizzati Guadagno peso	26 x 0,84 = 21,84 MJ 26 : 0,95 = 27,36 MJ								
ESIGENZE	<p>Energia: Km = 0,7 K1 = 0,62 mantenimento: 0,272 MJ/Kg^{0,75} (+ 25% per animali al pascolo) UFI = 0,045 W^{0,75}</p> <p>Produzione: 3,46/0,62 = 5,6 MJ/Kg UFI = 0,42/Kg latte al 4% di grasso E.M. fornita da perdite corporee = 35 MJ/Kg</p> <p>Proteine: Proteine degradabili = 8,34 g /MJ energia ingerita Proteine non degradabili = 1,47 x proteine tissutali – 6,67 x EM ingerita</p> <p><u>Proteine tissutali</u> = Mantenimento: 2,19 g/ W^{0,75} Produzione latte: 33 x 0,95 g /Kg Guadagno peso: 150 g/Kg Perdita peso: 112 g /Kg</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Mantenimento</td> <td style="text-align: center;">Produzione*</td> </tr> <tr> <td>Calcio: PV x 0,02/0,51</td> <td>Kg x 1,3/0,51</td> </tr> <tr> <td>Fosforo: PV x 0,03/0,58</td> <td>Kg x 1,1/ 0,58</td> </tr> <tr> <td>Magnesio: PV x 0,0035/0,17</td> <td>Kg x 0,26/0,17</td> </tr> </table> <p>* latte al 4% di grasso</p>	Mantenimento	Produzione*	Calcio: PV x 0,02/0,51	Kg x 1,3/0,51	Fosforo: PV x 0,03/0,58	Kg x 1,1/ 0,58	Magnesio: PV x 0,0035/0,17	Kg x 0,26/0,17
Mantenimento	Produzione*								
Calcio: PV x 0,02/0,51	Kg x 1,3/0,51								
Fosforo: PV x 0,03/0,58	Kg x 1,1/ 0,58								
Magnesio: PV x 0,0035/0,17	Kg x 0,26/0,17								

Il fabbisogno energetico netto per la produzione del latte corrisponde al contenuto energetico unitario del latte (LE) per il quantitativo prodotto. Secondo Sauvant e Morand_Fehr (1991) la variazione energetica per g di grasso per litro di latte è pari a

46,6 KJ e il contenuto energetico medio di un litro di latte al 4% di grasso è di 2971 kJ. Da ciò si calcola:

$$LE = (\text{KJ/kg}) = 2971 + 466 \times (\text{grasso \%} - 4).$$

In sintesi il fabbisogno energetico netto totale per le capre in lattazione è:

$EN_{\text{latte}} (\text{kJ}) = 320 \times \text{PM} + 2971 \times \text{FCM}$ dove PM è il peso metabolico e FCM i kg di latte corretto al 4% di grasso. Volendo esprimere in UFL e sapendo che 1 UFL = 7113 kJ di ENlatte, abbiamo: $\text{UFL totali} = 0,045 \times \text{PM} + 0,42 \times \text{FCM}$. Se gli animali vanno al pascolo bisognerebbe aggiungere 0,02 UFL per Km percorso in pianura e 0,03 UFL per ogni 100 metri di dislivello.

<i>Produzione e composizione (g/kg) del latte di varie razze di capre</i>					
Razza	Grasso	Proteine grezze	Calcio	Fosforo	Produzione per lattazione (Kg)
Anglo-Nubian	56	38,5	1,56	1,39	840
British Saanen	41	31,0	1,26	1,04	1325
British Alpine	43	32,7	1,37	1,18	1135
British Toggenburg	45	34,1	1,44	1,26	1077

Considerando i fabbisogni in EM, va tenuto presente che il fabbisogno netto di energia per il mantenimento, in condizioni di stabulazione, può essere pari a 0,272 MJ/kg $W^{0,75}$. Questo dato va aumentato di circa il 25% per gli animali al pascolo. Il valore energetico del latte di capra è dato da:

$$VE_1 (\text{MJ/kg}) = 0,04G + 1,66, \text{ dove } G \text{ è il contenuto in grasso (g/kg)}.$$

Quando questo dato non è disponibile, si può adottare un valore di 3,46 MJ/kg. Inoltre, in assenza di dati precisi si consiglia di adottare 0,7 e 0,62 rispettivamente per k_m e k_l . I fabbisogni di energia metabolizzabile per il mantenimento sono di 0,39 e 0,49 MJ/kg $W^{0,75}$ per animali tenuti rispettivamente in stabulazione o al pascolo; per la produzione del latte si può presumere un fabbisogno di $3,46/0,62 = 5,6$ MJ/kg. Così come per le vacche da latte, ciascun kg di peso corporeo metabolizzato corrisponde alla fornitura di 35 MJ di energia metabolizzabile alimentare.

Fabbisogni energetici e proteici della capra da latte

Stato fisiologico	Fabbisogni energetici			Fabbisogni proteici *	
	UFL/kg PM	UFL/kg FCM	UFL/kg SS	PDI/kg PM (g)	PDI/g PG latte (g)
Mantenimento	0,045			2,3	
Lattazione		0,42			1,55
Asciutta:					
Gravidanza:					
3° mese			0,65		
4° mese			0,75	3,7	
5° mese			0,85	5,0	

* Primipare: aggiungere 13 g di PDI per la crescita (360 g PDI/kg incremento ponderale)
 * Pluripare dopo 4° mese di lattazione: aggiungere 4 g PDI (100 g PDI/kg incremento ponderale)

Fabbisogni proteici - Il fabbisogno (g/giorno) di proteine degradabili nel rumine (PDR) può essere valutato paria 8,34 MJ di EM ingerita e quello di proteine non

degradabili (PNDR) pari a 1,47 proteine tissutali richieste - (6,67 di EM ingerita). Il fabbisogno proteico dei tessuti comprende quello necessario per il mantenimento (2,19 g/kg $W^{0,75}$), quello per la produzione di latte (33 x 0,95 g/kg) e quello relativo al guadagno di peso (150 g/kg) o alla mobilitazione dei tessuti (112 g/kg).

Fabbisogni minerali - le perdite endogene (per il mantenimento) sono di 20 mg di Ca, 30 mg di P e 3,5 mg di Mg per kg di peso corporeo. Il fabbisogno netto per la produzione del latte è di 1,3 g di Ca, 1,1 g di P e 0,26 g di Mg per kg di latte.

Calcolo dei fabbisogni di una capra di 50 kg che produce 5 kg di latte con 40 g di grasso/kg e perde 50 g di peso corporeo al giorno	
M_m (MJ/giorno) = $0,30 \times 50^{0,75}$	7,3
M_l (MJ/giorno) = $5 \times 5,6$	28,0
M_g (MJ/giorno) = $0,05 \times 35$	- 1,8
$M_m + M_p$ (MJ/giorno)	33,5
Correzione LA ($1 + 0,018 M_p/M_m$)	1,064
M_{mp} (MJ/giorno) = $33,5 \times 1,064$	35,7
RDP (g/giorno) = $8,34 \times 35,7$	298
TP (g/giorno) =	192
UDP (g/giorno) = $1,47 \times 192 - 6,67 \times 35,7$	44,1
Ca (g/giorno) = $(50 \times 0,02 + 5 \times 1,3)/0,51$	14,7
P (g/giorno) = $(50 \times 0,03 + 5 \times 1,1)/0,58$	12,1
Mg (g/giorno) = $(50 \times 0,0035 + 5 \times 0,20)/0,17$	6,9
<i>M_g = EM per la variazione di peso; LA = livello alimentare; UDP = proteine non degradabili nel rumine</i>	

Fabbisogni minerali giornalieri della capra da latte (Gueguen et al 1988)

	Ca	P	Mg	K	Na
Mantenimento (mg/kg PV)	67	46	18	56	19
Lattazione (g/kg latte)	4,2	1,5	0,7	2,3	0,5
4 e 5° mese di gestazione	4,2	1,1	0,2	0,3	0,2

7.5. Fabbisogni per la riproduzione e lo stato di gravidanza

L'apporto energetico, proteico, minerale e vitaminico, attraverso l'alimentazione, riveste una notevole importanza sia per accelerare nell'animale il raggiungimento della pubertà sia per il verificarsi dei normali fenomeni di spermatogenesi e di ovogenesi, che per favorire lo sviluppo nell'utero materno, dell'uovo fecondato e il normale procedere della gravidanza.

Età e taglia alla pubertà di bovini Holstein allevati con differenti piani alimentari

Sesso	Piano alimentare (in % degli standard adottati per il TDN)	Alla pubertà		
		Età (settimane)	Peso (kg)	Altezza al garrese (cm)
Femmine	Alto (129)	37	270	108
	Medio (93)	49	271	113
	Basso (61)	72	241	113
Maschi	Alto (150)	37	292	116
	Medio (100)	43	262	116
	Basso (66)	51	236	114

Per quanto riguarda l'alimentazione dei giovani animali in vista della pubertà, anche se deve essere particolarmente adeguata ai loro fabbisogni, occorre non eccedere soprattutto sotto il profilo energetico, al fine di scongiurare uno stato di eccessivo ingrassamento che può pregiudicare la libido nei maschi e l'ovulazione nella femmina. La spermatogenesi e l'ovogenesi sono fenomeni che sono avvantaggiati da una buona alimentazione, soprattutto, nei giorni che precedono la monta e/o i cicli estrali, sia negli ovini che nei suini. L'effetto positivo dell'integrazione alimentare a breve termine (flushing) sul tasso di ovulazione è ben conosciuto ed il *flushing*, in alcuni Paesi, costituisce una comune pratica di allevamento. Nella pecora, il tasso di deiscenza follicolare è strettamente legato al peso vivo e sino al raggiungimento del peso soglia caratteristico della razza, più questo è elevato maggiore è il tasso di ovulazione; una volta superato il peso soglia le pecore potrebbero anche non ovulare. Il meccanismo mediante il quale il *flushing* aumenta il tasso di ovulazione non è chiaro.

Nel maschio, la produzione giornaliera di spermatozoi fluttua ampiamente in armonia con il peso dell'animale. Nell'ariete allevato nelle zone temperate, il periodo di maggiore attività testicolare non è l'autunno, come ci si potrebbe aspettare visto che gli ovini esprimono la loro attività sessuale soprattutto con fotoperiodo decrescente, ma la primavera e l'inizio dell'estate quando la disponibilità di pascolo e il peso vivo sono al massimo. Ciò indica che l'ariete ignora il segnale fotoperiodico e risponde, invece, largamente al regime nutrizionale generato dal clima. Considerando che è più facile influenzare la nutrizione rispetto al peso corporeo, risulta quindi possibile controllare la capacità spermatogenetica degli arieti attraverso le caratteristiche quanti-qualitative dell'alimento fornito. Oldham e collaboratori (1978) osservarono elevati aumenti del volume testicolare con diete ricche di proteine ed energia. Negli arieti, i testicoli si accrescono di circa 25 g/settimana e per ogni quota extra di parenchima testicolare la produzione nemaspermatica giornaliera aumenta di circa 500.000 unità. In risposta all'alimentazione, l'aumento della massa testicolare è dovuto soprattutto all'aumento del tessuto dei tubuli seminiferi e in particolare modo dell'epitelio seminifero contenente le cellule germinali e quelle del Sertoli. Inoltre, la massa muscolare può essere considerevolmente aumentata da un supplemento di alimentazione ed essere ridotta da un'alimentazione ristretta. Bisogna considerare che, durante la stagione di monta, i maschi dedicano meno tempo ad alimentarsi e quindi il loro peso corporeo e le dimensioni testicolari, se non si interviene adeguatamente, diminuiscono rapidamente. Il meccanismo mediante il quale il livello alimentare influenza la spermatogenesi è stato recentemente chiarito e sono state differenziate risposte a livello cerebrale, pituitario e gonadale.

L'alimentazione oltre che adeguata da un punto di vista quantitativo, deve essere curata da quello qualitativo in quanto alcune sostanze contenute negli alimenti possono

alterare la fisiologia riproduttiva. Infatti, è stato osservato che alcuni substrati ad attività estrogeno simile, contenuti normalmente nei foraggi e nei mangimi, possono determinare induzione dell'estro in femmine immature o interferire con i loro processi riproduttivi. Nei maschi tale effetto può causare una riduzione dell'attività gonadale.

Particolare importanza riveste la supplementazione della razione durante il periodo della gravidanza. Con il progredire dello stato gravidico, la gestante sopporta un maggior consumo energetico, usura più accentuata degli apparati (vascolare, emuntorio, dell'utero), lo sviluppo del feto. La stessa alimentazione deve soddisfare le necessità plastiche ossidative dello stesso feto in formazione e di elementi organico-minerali, il cui consumo è esaltato dall'intenso ricambio accrescitivo. Ciò, soprattutto durante l'ultimo periodo della gravidanza in quanto il feto o i feti hanno un accrescimento molto più elevato dopo i due terzi della gravidanza. Per la **vacca** si valutano i fabbisogni considerando come se:

- | | | |
|--------------|---------|-------------------------------------|
| - al 7° mese | produce | 2 kg di latte oltre quello prodotto |
| - all'8° " " | " " | 4 " " |
| - al 9° " " | " " | 6 |

Quindi, i fabbisogni sono circa:

Mese di gestazione	U.F.	Proteine (g)	Ca (g)	P (g)	Caroteni (mg)
6	0,5	50	-	-	-
7	1,0	100	10	8	22
8	1,5	200	13	11	30
9	2,0	300	16	14	38

Per le **cavalle**, la supplementazione si fa negli ultimi 3-4 mesi di gravidanza.

Per le **scrofe**, qualunque sia il livello alimentare della razione (basso, medio, alto), i fabbisogni organici dei feti dei suinetti in zuccheri, grassi, protidi e minerali hanno la priorità sui corrispettivi fabbisogni della scrofa. Al contrario, per quanto riguarda gli oligoelementi e la vitamina A contenuti nella razione essi vanno al feto solo se ve ne sono in quantità sufficienti per la scrofa stessa che, quindi in questo secondo caso, ha la priorità sui feti. Pertanto, bisogna aver cura che siano soddisfatte le esigenze minerali e vitaminiche della scrofa e dei propri feti e di non provocare un eccessivo ingrassamento della stessa e di mantenere un adeguato trattamento alimentare durante tutto il periodo della gravidanza, salvo aumentare nell'ultimo mese ricordando che i fabbisogni aumentano con il succedersi delle gravidanze nella medesima scrofa e l'aumentare del suo peso. Così le esigenze diventano:

Esigenze nutritive della scrofa in gravidanza

Gestazione	Peso Kg	U.F.	Proteine digeribili (g)	Ca g	P g	Vitamina (U.I.):	
						A	D
1 ^a		2,1	240	15	12	9.000	10.000
	200	2,3	275	17	13	9.000	10.000
Successive	250	2,5	300	19	14	9.000	10.000

Nella **pecora in gestazione**, il fabbisogno nutritivo varia in funzione del numero dei feti e dalla distanza dal parto. Durante le prime 3-4 settimane dopo l'accoppiamento, il 15-

30% degli ovuli possono andare perduti o perché non fecondati o perché si è in presenza di una alimentazione non corretta che può provocare la mortalità embrionale. In questa fase bisogna evitare cambi bruschi nel livello alimentare. Nel secondo e terzo mese di gestazione, il peso del feto aumenta di poco e la placenta completa la sua formazione ma i livelli di produzione lattea possono essere ancora elevati. Peraltro, nel calcolo della razione è necessario considerare che la pecora deve cominciare a provvedere alla ricostituzione delle riserve corporee che sono state mobilitate per sostenere la lattazione. Alla fine del terzo mese, il peso del feto rappresenta il 15% di quello finale; il 70% della sua crescita avviene nelle ultime 6 settimane e in questo periodo le richieste alimentari aumentano notevolmente per soddisfare la rapida crescita del feto e la preparazione della mammella prima del parto. Orientativamente, una pecora con un solo feto richiede il doppio di alimento rispetto ad una in asciutta ed il triplo se la gravidanza è gemellare. Alla fine del terzo mese, se non si vuole compromettere la produzione di latte successiva, è necessario che la pecora gravida sia messa in asciutta. Con animali al pascolo fare un corretto razionamento diventa difficile. Un buon pascolo può soddisfare le esigenze della pecora fino alla seconda metà del quarto mese di gestazione; successivamente è necessario integrare la razione gradatamente con concentrati (fino ad arrivare a 0,3-0,4 Kg/capo/giorno) soprattutto in presenza di gravidanze gemellari. Ciò, sia perché i fabbisogni aumentano sia perché la capacità di ingestione diminuisce notevolmente. Se la qualità del pascolo è scadente oltre al concentrato bisogna somministrare anche del fieno o dell'insilato.

<i>Esigenze nutritive della pecora in gravidanza</i>								
Mesi di gravidanza	S.S. kg	T.D.N. kg	U.F. n.	Protidi digeribili (g)	Ca g	P g	Caroteni mg	
< 3	1.26	0.70	0.67	60	3.3	2.6	2	
3,5 – 5	1.71	1.02	1.07	87	4.4	3.3	7	

Nelle **capre**, nelle ultime sei settimane di gravidanza, per soddisfare i fabbisogni energetici alla quota di mantenimento si aggiungono circa 0,45 UFl mentre, i fabbisogni proteici, giornalieri, sono pari a 9,6 g di PD e 7,6 g di PDI per Kg di capretto nato.

7.6. Fabbisogni per prestazioni dinamiche

Oggi parlare di lavoro ci si riferisce a servizi di traino, trasporti someggiati, prestazioni di sella, gara o diporto, corsa piana o ad ostacoli, galoppo, corsa al trotto. Il lavoro può essere leggero, medio, pesante. Il lavoro si svolge attraverso le prestazioni dinamiche, fornite dalla contrazione dei muscoli scheletrici fenomeno che si svolge a spese del glicogeno del sangue che deriva dal metabolismo degli idrati di carbonio assunti con l'alimentazione. Per questo, i fabbisogni nutritivi per le prestazioni di servizi sono essenzialmente di idrati di carbonio per far fronte al dispendio energetico del lavoro muscolare e al conseguente accresciuto metabolismo energetico.

Tipo di lavoro	Equini		Bovini	
		Proteine (g)	U.F.	Proteine (g)
Leggero	1/2 quota mantenimento	100-150	1/2 quota mantenimento	100-120
Medio	2/3 quota mantenimento	150-175	2/3 quota mantenimento	130-150
Pesante	1 + 1/2 quota mantenimento	180-200	1 quota mantenimento	160-175

Lo stesso apporto proteico è importante per il miglioramento delle prestazioni, così come riveste una certa importanza anche un aumento del fosforo, dato che lo sforzo lavorativo induce una maggiore eliminazione urinaria di fosfati e di creatina, ed anche maggiori quantitativi di vitamine in quanto partecipano direttamente al metabolismo dei glucidi. I fabbisogni per le prestazioni dei servizi riferiti a 100 kg di peso vivo in aggiunta a quelli di mantenimento sono riportati in tabella.

Es. di calcolo dell'UFC a partire dall'orzo standard (86% di S.S.)	
EL =	3.800 KCAL
ED (dE = 0,82) =	3.110 “
EM (EM /ED) = 0,90) =	2.800 “
EN (Km = 0,785) =	2.200 “ = 1 UFC

Il valore energetico in UFC degli alimenti viene riportato nelle tabelle in UFC (unità foraggera cavallo) con valori che variano da 0,35 per la paglia a 1,32 per il mais. Le differenze, tra i vari alimenti, sono dovute alla diversa digeribilità della S.O. e al contenuto in fibra: così il contenuto energetico della paglia di frumento è pari al 41% di quello dell'orzo in ED, al 38% in EM e al 31% in UFC.

Aumento dei fabbisogni di mantenimento (%)	Cavalli		
	Da tiro	Da sella	Di sangue
A riposo	0	5	10
In periodo di lavoro	5	10	15
Stalloni a riposo	10	15	20
Stalloni in riproduzione	20-30	25-35	30-40

Fabbisogni per la **gravidanza e la lattazione** della giumenta

La quantità di energia richiesta ogni giorno dai prodotti del concepimento (feto, invogli, placenta, mammella) è bassa durante i primi 2/3 della gravidanza; successivamente aumenta rapidamente e così nel passaggio dall'8° all'11° mese la richiesta energetica aumenta da 350 a 850 Kcal/giorno nelle giumente da sella e da 500 a 1.200 Kcal nelle giumente di razza pesante. A queste si aggiungono i fabbisogni energetici per il mantenimento del feto, i quali non sono molto conosciuti ma bisogna considerare che il rendimento di utilizzazione dell'EM per l'accrescimento dei prodotti di concepimento è molto bassa, almeno nelle specie dove è stato studiato: 15% nella pecora e nella vacca, 30-40% nella scrofa.

La quantità di energia che passa nel latte è data dalla quantità di latte prodotto e dal contenuto energetico del latte stesso. La produzione di latte, negli equini è molto variabile ed è poco conosciuta.

UFC raccomandate negli ultimi 4 mesi di gravidanza nella giumenta					
Peso vivo (Kg)		UFC / giorno			
Giumenta	Neonato ⁽¹⁾	Mantenime nto	Gravidanza (2) mese		
			8°	9-10°	11°
200	24	2,0	0,25	0,40	0,55
300	32	2,7	0,35	0,50	0,75
400 sella	40	3,6	0,40	0,65	0,90
500 sella	48	4,2	0,50	0,75	1,10
600 tiro	55	4,6	0,55	0,90	1,25
700 tiro	61	5,2	0,65	1,00	1,40
800 tiro	68	5,7	0,70	1,10	1,55

= peso del puledro alla nascita (Kg) = 0,45 peso della madre (Kg^{0,75})
 = Energia fissata durante la gravidanza = peso neonato x 1.280 Kcal /Kg (tenore in energia lorda) x 1,2 (energia fissata dagli invogli, utero, mammella)
 - l'energia si deposita per il 14% all'8° mese, 21% al 9° mese, 23% al 10° e 31% all'11°
 rendimento EM = 25%

Il contenuto energetico di un Kg di latte decresce con l'avanzare della lattazione: 575 Kcal nei primi 15 giorni, 550 nella 2^a quindicina post-parto, 525 nel 2° mese, 500 nel resto della lattazione. Durante i primi tre mesi, la secrezione giornaliera di calorie è pari a 5.000 – 7.000 per le giumente da sella e 9.000-12.000 Kcal per le giumente di razza pesante e ciò in funzione di una produzione di latte che è, rispettivamente, di 10-13 e 16-25 Kg.

Il fabbisogno energetico di gravidanza o di lattazione è stato calcolato dividendo la quantità di energia fissata o escretata per il corrispondente rendimento dell'EM per questi fabbisogni.

I rendimenti nella giumenta non sono stati ancora studiati per cui si considerano i valori intermedi tra quelli dei ruminanti e quelli della scrofa: 25% per la gravidanza e 65% per la lattazione. Quindi tra l'8° e l'11° mese di gravidanza le UFC passano da 0,5 a 1,1 nelle giumente da sella (500 Kg) e da 0,65 a 1,4 nelle giumente di 700 Kg. Il fabbisogno in UFC per la produzione di un Kg di latte è di 0,31 nel primo mese di lattazione e di 0,29 nel periodo successivo.

7.7. Fabbisogni per la termoregolazione

Come si è già detto, solo una parte dell'energia metabolizzabile viene trasformata in produzione (accrescimento, latte, carne, lana, prestazioni dinamiche) mentre il resto è degradata a calore. I mammiferi e gli uccelli riescono a mantenere costante il calore del loro corpo indipendentemente dalla temperatura ambientale in cui vivono (termoregolazione). Praticamente, l'organismo animale oltre a produrre calore, ne assorbe dall'esterno quando la temperatura ambientale è più elevata di quella corporea e ne cede per evaporazione polmonare, per evaporazione cutanea, con le feci, con le urine, con il latte (nel caso delle lattifere). L'animale a difesa dal caldo ambientale, aumenta la dispersione con la vasodilatazione cutanea, accelerando il battito

cardiaco e la respirazione, sudando, riducendo il pannicolo adiposo sottocutaneo, sfoltendo il pelo del proprio mantello. A difesa dal freddo, esso riduce la dispersione del calore corporeo con la vasocostrizione cutanea, aumentando il tessuto adiposo sottocutaneo, accelerando la crescita di un mantello folto e ricco di sottopelo. La termoregolazione si ripercuote sui fabbisogni alimentari e su quello che si dice appetito. Infatti, i consumi alimentari si elevano quando l'animale deve combattere contro il freddo; mentre si riducono nel caso inverso, divenendo più elevata la richiesta di acqua di abbeverata. I fabbisogni nutritivi degli animali posti in condizioni ambientali tali da sollecitare l'intervento della termoregolazione non sono stati quantitativamente e qualitativamente definiti. In genere, bisogna mitigare quando più possibile le condizioni climatiche, intervenire con una razione più abbondante in glucidi nei periodi freddi e con alimenti più freschi e acquosi durante il caldo.

CAP. VIII. DISMETABOLIE LEGATE AD ERRORI ALIMENTARI

8.1 Dismetabolie dei ruminanti

I principi nutritivi della razione influenzano i processi digestivi e metabolici e quindi lo stato di salute e la produttività degli animali. L'alterazione dei processi digestivi si traduce in disturbi dell'apparato digerente e quindi della digestione e assorbimento dei principi nutritivi; invece l'alterazione dei processi metabolici porta alla rottura dell'omeostasi interna dell'organismo e quindi all'alterazione di uno o più metabolismi critici.

L'allevatore e, soprattutto, il veterinario nei confronti di tali problemi devono considerare l'allevamento in toto e non il singolo individuo il quale può rappresentare, invece, il campanello di allarme.

L'alimentazione è uno dei fattori che determinano le cosiddette "malattie condizionate" (tossinfezioni da clostridi, mastiti, parassitosi).

Le turbe dell'apparato digestivo di natura alimentare che colpiscono gli animali adulti sono spesso attribuibili alla diretta conseguenza di repentini cambi di alimentazione, a deficit o eccessi nutrizionali. Tra esse ricordiamo: meteorismo ruminale, acidosi e alcalosi ruminale.

E' utile ricordare che nella pecora rispetto ai bovini, il volume totale dei prestomaci in rapporto al peso dell'animale è inferiore, mentre si ha una maggiore efficacia della masticazione e una minore velocità di transito dei solidi attraverso l'apparato digerente (20 contro 28 ore). Il bovino sembra digerire meglio i foraggi grossolani mentre, la pecora è capace di utilizzare meglio gli amidi e possiede una maggiore capacità di ingestione della sostanza secca in rapporto al peso corporeo.

I disturbi più insidiosi e pericolosi per l'allevamento sono quelli che, non essendo caratterizzati da una specifica sintomatologia, non vengono diagnosticati e, perdurando nel tempo, causano altre patologie.

I disturbi dei processi fermentativi e digestivi possono causare scarsa utilizzazione dei componenti della razione (energia, proteine, minerali, vitamine) o produzione di sostanze tossiche o inibenti che influenzano negativamente la funzionalità di organi e apparati.

Fra i disturbi dei prestomaci ricordiamo:

- **Indigestione semplice:** la causa più frequente è rappresentata da un repentino passaggio a diete con alte quantità di carboidrati facilmente fermentescibili, basso contenuto in fibra e, spesso, associate a un elevato apporto di proteine solubili (erba in fase di crescita). Nel caso in cui prevalgono i carboidrati si sviluppano maggiormente i batteri capaci di un rapido metabolismo i quali tollerano un pH tendenzialmente basso il che fa diminuire o scomparire del tutto i protozoi dal rumine.

Se sono presenti, contemporaneamente, grandi quantità di proteine solubili prevalgono i batteri con attività ureasica con conseguente produzione di ammoniaca del rumine ed alcalinizzazione del suo contenuto. L'ammoniaca che sfugge alle fermentazioni ruminale, attraverso il circolo arriva al fegato dove viene convertita in urea provocando un aumento della sua concentrazione nel sangue (> 60 mg/dl, negli ovini).

La fermentazione dei carboidrati porta alla formazione di AGV che, se in grande quantità, inibiscono la motilità del rumine e quindi le fermentazioni stesse; ne consegue un ripristino della motilità dell'organo nel giro di pochi giorni. Questo tipo di alimentazione fa diminuire la masticazione, la quantità di saliva prodotta e, soprattutto, impedisce la stratificazione dell'alimento con conseguente maggiore velocità di transito. Peraltro, l'accumulo di sostanze osmoticamente attive sia nel rumine che nell'intestino richiama acqua e, quindi, provoca diarrea di tipo osmotico. Oltre all'anoressia, in questi

casi è dato dalla diarrea che:

a) Nel caso di concentrati è di colore marrone-grigio con presenza di grani indigeriti;

b) Nel caso di alimentazione a base di pascolo è di colore marrone-verdastro.

Queste turbe possono essere prevenute evitando bruschi cambi di alimentazione e somministrando fibra, meglio se lunga. Nel concentrato è indispensabile anche aggiungere dei tamponi ruminanti quali il bicarbonato di sodio o tamponi intestinali come l'ossido di magnesio.

Una buona fermentazione dei carboidrati necessita anche di apporti di azoto, zolfo e minerali essenziali .

- Acidosi ruminale: l'acidosi ruminale può essere acuta o cronica.

La forma acuta è causata da una eccessiva ingestione di carboidrati facilmente fermentescibili (cereali, mangimi, insilati, frutta, radici) che causano produzione di acido lattico e diminuzione del pH ruminale, senza un preventivo adattamento del rumine. La gravità dell' acidosi varia in funzione della quantità e tipo di alimento, nonché dal grado di specializzazione della microflora ruminale.

Una produzione di lattato prolungata fa abbassare il pH ruminale fino a 5-5,5 e fa aumentare l'osmolalità nel rumine; tutto ciò porta alla uccisione dei protozoi e di altri microrganismi che utilizzano l'acido lattico, mentre aumenta la popolazione dei batteri produttori acido lattico.

Nella prima fase della fermentazione acida si producono molti AGV i quali sono più deboli rispetto all'acido lattico e, quindi, si legano all'idrogeno fungendo da tamponi e con il risultato di essere assorbiti più rapidamente e se l'assorbimento attraverso la parete ruminale è eccessivo si ha un'acidosi sistemica. Peraltro, grosse quantità di AGV non dissociati nella mucosa della parete ruminale causano stasi ruminale. Con l'acido lattico aumenta la pressione osmotica del liquido ruminale che da circa 280 Osm/L può passare al doppio; ciò condiziona un richiamo di acqua dal comparto vascolare con conseguente aumento e fluidificazione del contenuto ruminale che a sua volta provoca una distensione dell'organo (idrorumine) e notevole disidratazione. La diminuzione dei liquidi organici fa diminuire il volume del sangue e la diminuzione della perfusione periferica causa uno stato ipossico che aggrava l'acidosi sistemica. Considerando che l'acido lattico è un agente corrosivo, quando raggiunge elevate concentrazioni può distruggere l'epitelio ruminale (ruminite tossica). Con il tempo, il rumine può cicatrizzare ma gli ascessi possono liberare emboli batterici che possono raggiungere il circolo portando alla formazione di ascessi epatici metastatici. Inoltre, va considerato che l'alterato metabolismo della microflora ruminale può portare alla formazione di grandi quantità di istamina aggravando, così, la patologia.

Generalmente, sono più colpiti gli animali in lattazione meno quelli in stato avanzato di gravidanza e le femmine da rimonta (forse per una minore capacità di ingestione). Nell'acidosi acuta, il primo sintomo è rappresentato da una distensione del rumine e da spasmi addominali che provocano dolore e sono accompagnati da anoressia totale; successivamente gli animali smettono di ruminare e alcuni sembrano ubriachi o parzialmente ciechi, la frequenza cardiaca aumenta e si ha una profusa diarrea, le feci assumono colore chiaro e forte odore acido. In seguito si ha disidratazione e se si hanno danni renali si verifica l'anuria. 24-48 ore dopo, l'animale è costretto al decubito anche perché può comparire una podoflemmatite acuta.

- L'**acidosi subacuta e cronica**: sono causate da razioni ricche in carboidrati e povere di fibra strutturata. La forma subacuta si osserva ad inizio lattazione quando vengono somministrati molto carboidrati o sono portati in pascoli rigogliosi senza un periodo di

adattamento. I sintomi sono quelli dell'indigestione semplice che però perdurano per diversi giorni. Peraltro, si possono verificare zoppie (laminite asettica), mastiti (aumento cellule somatiche nel latte), eccessivo calo di peso, diminuzione della produzione lattea. La forma cronica colpisce soprattutto gli animali all'ingrasso dove la popolazione microbica ruminale si adatta alle elevate quantità di cereali ingerite dall'animale e si sviluppano soprattutto batteri produttori di acido lattico, il quale non si accumula ma viene metabolizzato dai batteri. Si produce una elevata quantità di AGV che fa abbassare leggermente il pH ruminale, ridurre la motilità ruminale, ridurre il numero di specie microbiche (soprattutto protozoi) con conseguente scarso utilizzo della componente proteica della dieta. L'aumento dell'acido propionico e butirrico stimola la proliferazione delle papille dell'epitelio ruminale portando ad un paracheratosi ruminale che a sua volta riduce l'assorbimento degli AGV e aumenta la suscettibilità ai traumi e all'infiammazione del tessuto profondo della parete ruminale. Le lesioni prodotte lasciano passare i batteri che arrivano al fegato e altri tessuti dove causano ascessi epatici.

I sintomi più evidenti sono: ridotto appetito, ipocinesia ruminale, ritardo dell'accrescimento, sintomi di risposta infiammatoria cronica. In alcuni casi si verificano la laminite e la necrosi cerebrocorticale o polioncefalomacia forse perché la fermentazione acida del rumine conduce alla produzione di tossine quali istamina e tiaminasi.

Timpanite o meteorismo - E' un disordine digestivo caratterizzato da una eccessiva produzione di gas di fermentazione ruminale, soprattutto CO₂ che per cause varie non vengono eruttati con la stessa rapidità con la quale si formano. Oltre ad una possibile predisposizione soggettiva, le cause che possono determinare il rigonfiamento del rumine sono diverse: possono essere di natura meccanica, per ostruzione dell'esofago; di natura fisiologica per condizioni di pH troppo distanti da quello ottimale (pH 5-6), che riducono la motilità delle pareti del rumine; di natura chimica, per la presenza di particolari sostanze nell'alimento che oltre a ridurre i movimenti peristaltici, interferiscono nell'eruttazione dei gas. La causa, comunque, più diffusa è individuabile in una errata formulazione della razione alimentare che si verifica quando predominano le foraggiere fresche, soprattutto le leguminose allo stadio vegetativo che precede la fioritura, ricche di carboidrati facilmente fermentescibili, di proteine, di acqua e povere di fibra. Poiché tali essenze sono molto appetite, l'animale tende ad ingerirne grosse quantità senza svolgere una accurata masticazione; di conseguenza diminuisce anche la quantità di saliva prodotta che, per la presenza di discrete percentuali di sali, svolge una funzione tensioattiva inibente la formazione di schiuma.

Quando l'alimento giunge nel rumine, i microrganismi ruminali proliferano fermentando i carboidrati con produzione anche di CO₂ e CH₄, i quali vengono espulsi per via orale con l'eruttazione, mentre nel caso della timpanite vengono trattenuti dalla viscosità del liquido ruminale, dovuta alla presenza, relativamente alta, di proteine nell'alimento. Si forma così una massa schiumosa che trattiene i gas di fermentazione e che aumentando progressivamente di volume esercita una notevole pressione sulle pareti del rumine riducendone la motilità. Di conseguenza, l'alimento sosta in tale prestomaco e non riesce a defluire nelle cavità gastriche successive: ciò incentiva la proliferazione di microrganismi e le conseguenti fermentazioni, innescando un rapporto di causa effetto senza possibilità di risoluzione naturale. A gonfiore ruminale manifesto, si può intervenire introducendo nel rumine particolari sali che riducono la tensione superficiale del liquido favorendo l'emissione dei gas, oppure sostanze antibiotiche che inibendo lo sviluppo microbico, riducono l'entità delle fermentazioni. In caso di stadio troppo avanzato, è consigliabile incidere il fianco sinistro al centro del cavo del fianco con un

tre quarti e, lasciando il fodero del tre quarti in loco, si effettua una puntura che permette il deflusso dei gas.

La prevenzione consiste nel somministrare agli animali, insieme ai foraggi freschi, anche foraggi ricchi di fibra; non bisogna far pascolare gli animali in prati di leguminose bagnate; bisogna somministrare prima foraggi secchi e poi quelli freschi. La timpanite può assumere talora andamento cronico e ciò si verifica soprattutto negli animali all'ingrasso i cui regimi alimentari prevedono un uso massiccio e sistematico di mangimi ad alto valore energetico e, quindi, molto ricchi di carboidrati.

Tossicosi da urea e da eccesso proteico (alcalosi) - La tossicosi da urea è un disordine metabolico digestivo determinato da un eccesso di questa sostanza nella razione dei poligastrici. L'urea a livello ruminale, viene trasformata in ammoniaca e, come tale, successivamente utilizzata dai microrganismi simbiotici per la sintesi delle proteine cellulari. Qualora la concentrazione di urea nella dieta sia eccessiva si verifica un innalzamento del pH ruminale e conseguentemente alcalosi con arresto della peristalsi dell'organo, blocco della digestione e timpanite. L'alcalosi ruminale inibisce, infatti, l'attività della micropopolazione simbiotica per cui gran parte delle macromolecole, come la cellulosa e l'amido, rimangono indigerite e ristagnano nel rumine; inoltre, l'ambiente alcalino, alterando la normale permeabilità delle pareti ruminali, favorisce la diffusione dell'ammoniaca nel sangue.

In condizioni di iperammonemia nel sangue si verifica ipertrofia nel fegato, danni all'apparato urinario, danni al sistema nervoso che determinano dapprima stati convulsivi e successivamente coma e morte dell'animale.

Nella fase iniziale della tossicosi si può intervenire somministrando alimenti con elevata concentrazione di carboidrati che incentivano la proliferazione batterica e quindi l'assorbimento di ammoniaca; inoltre, all'aumento dell'attività microbica fa seguito una più intensa produzione di acidi grassi volatili (AGV) che abbassano il pH ruminale ripristinando le normali condizioni di motilità. Oltre ai carboidrati, è consigliabile somministrare sostanze acide, ad esempio aceto in soluzione al 50%. Nella fase avanzata della tossicosi, quando cioè cominciano ad evidenziarsi manifestazioni tetaniche, non è più possibile alcun tipo di intervento.

Anche la somministrazione di eccessive quantità di proteine può determinare stati tossici; infatti, le proteine nel rumine subiscono un processo di deaminazione che porta alla formazione di ammoniaca libera, con le conseguenze già descritte. Oltre ad alterazioni di tipo digestivo, però si verificano e sono ben più gravi alterazioni di tipo metabolico con effetti negativi sulle produzioni economiche e sulla fertilità dell'animale, dovute anche alla formazione di corpi chetonici che contribuiscono ad aggravare stati di chetosi.

Turbe intestinali

Il principale sintomo delle turbe intestinali è la diarrea, causata da alterazioni alimentari. Nei ruminanti le feci molli sono dovute spesso a disturbi delle fermentazioni ruminali e all'elevata velocità di transito. I meccanismi che sono coinvolti nella diarrea sono il malassorbimento (atrofia dei villi), il sovraccarico osmotico, attività secretoria aumentata, elevata motilità e aumento della pressione idrostatica tra comparto ematico e lume intestinale. Nelle turbe causate da errata alimentazione prevale il meccanismo osmotico a causa di un aumento della velocità di transito, che porta all'intestino quantità superiori a quelle che possono essere assorbite di carboidrati e lipidi; le quantità indigerite e non assorbite si accumulano nel grosso intestino con aumento dei processi fermentativi e delle particelle attive osmoticamente. L'aumento delle fermentazioni nel

grosso intestino possono predisporre l'instaurarsi di forme infettive quali le gastroenterotossemie da clostridi e l'infezioni da *Listeria monocytogenes* la quale si verifica soprattutto con la somministrazione di insilati con pH superiore a 5.

Va ricordato che nella pecora rispetto al bovino la velocità di transito degli alimenti è maggiore e, quindi, la funzione di filtro dei prestomaci può più facilmente essere compromessa. La somministrazione di granelle di cereali (orzo) tal quali può far sì che esse non vengano digerite a livello ruminale ed essere fermentate nel grosso intestino: si consiglia di controllare se nelle feci vi è molta granella indigerita. Inoltre, si consiglia di bagnare la granella per 8-12 ore prima di somministrarla o ricorrere alla schiacciatura o fioccatura.

a) Collasso puerperale (paresi post-partum, febbre del latte, parto alla testa)

È un disordine metabolico causato da un'alterazione dell'equilibrio minerale del calcio nei liquidi organici. L'eziologia del collasso puerperale deriva, in massima parte, da una insufficienza dei fattori ormonali, in specie le ghiandole paratiroidi, che normalmente operano per mantenere costante il livello del calcio nel sangue, e non è perciò affatto condizionata dalle quantità di calcio presenti nella dieta alimentare, la cui quota di utilizzazione nutritiva non può essere influenzata da maggiori momentanee esigenze fisiologiche, mentre viene depressa in presenza di maggiori quantità negli alimenti. La calcemia scende da un valore normale di 9-12 mg % a livelli di 5-6 mg % ed anche meno, la fosfatemia e la magnesemia possono viceversa mantenersi intorno a valori normali (4-9 e 2-3 mg %, rispettivamente) oppure abbassarsi e il collasso assume maggiore gravità e può dare origine a ricadute. La malattia si manifesta entro 2-5 giorni dal parto con paresi (incapacità della bovina ad alzarsi). Questo sintomo può essere preceduto da spasmi muscolari, andatura incerta e barcollamento del treno posteriore; successivamente la bovina si distende senza più tentare di alzarsi. Cade in uno stato comatoso, lo sguardo diventa cupo, fisso, le pupille si dilatano ed il musello si presenta asciutto. Nello stato di paresi i muscoli del tratto intestinale perdono di tono e si può anche verificare il prollasso del retto. La temperatura dell'animale si abbassa a 36,5-38 °C. Se la malattia compare a lattazione avanzata i sintomi possono essere confusi con quelli di altre forme morbose come l'acetonia, ma in quest'ultimo caso le urine sono più scure per la presenza di corpi chetonici. I soggetti più colpiti sono le grandi lattifere dal 3° parto in poi. Molto probabilmente esiste una certa predisposizione ereditaria verso il collasso, per la trasmissione di caratteri che determinano un'insufficiente capacità di adattamento dei meccanismi regolatori del ricambio minerale. Durante la fase di asciutta, corrispondente agli ultimi due mesi di gravidanza, la bovina utilizza buona parte del calcio per l'ossificazione del feto; in prossimità del parto una parte del calcio viene sottratta dalla ghiandola mammaria che inizia la secrezione del colostro. In condizioni normali, l'organismo provvede a tali necessità incentivando la mobilitazione del calcio dalle riserve ossee ed aumenta la capacità di assorbimento intestinale del calcio presente negli alimenti. L'utilizzazione del calcio fissato nel tessuto osseo dipende dalla funzionalità delle ghiandole paratiroidi che, a loro volta, sono condizionate dalla presenza del fosforo. L'assorbimento intestinale del calcio alimentare è invece influenzato da numerosi fattori, quali:

- età dell'animale in quanto è maggiore nei giovani;
- rapporto Ca/P durante le ultime 3 settimane di asciutta; se è troppo largo predispone al collasso in quanto riduce la quota di calcio assorbita dopo il parto. Se, quindi, la razione prevede un largo impiego di foraggiere leguminose dove il rapporto Ca/P è > 5 si rende necessaria l'integrazione con sali fosfatici privi di calcio;

- presenza di vitamina D;
- diminuzione dell'appetito (frequente dopo il parto).

La prevenzione, anziché l'aumento del calcio nella dieta, deve prevedere la stimolazione della mobilitazione delle sostanze minerali ossee per dar loro modo di confluire nel sangue per mantenervi costante il tasso calcico. Ciò, si ottiene sia causando tale mobilitazione artificialmente (somministrazione di massicce quantità di vitamina D), sia attivando il normale fattore endogeno (la paratiroide), mediante somministrazione di alimenti ricchi in fosforo, prima dell'inizio della lattazione

La terapia consiste nella somministrazione di sali di calcio e di magnesio e contemporaneamente vitamina D per favorire l'assorbimento intestinale del calcio. Se la malattia non è curata in tempo si possono manifestare fenomeni di autointossicazione, infezioni batteriche, traumatismi. La prevenzione si basa nella somministrazione di vitamina D (10.000 U.I.) circa 7 giorni prima del parto e nell'utilizzo di diete con rapporto Ca/P di 1: 1.

b) Tetania da erba

È un disordine metabolico indotto da un'alterazione del rapporto Mg/K che si verifica soprattutto nelle vacche in lattazione, a seguito del passaggio drastico dall'alimentazione secca a quella verde.

Il pascolamento, particolarmente all'inizio della primavera, fornisce foraggi molto appetiti perché teneri e succulenti ed il bestiame tende a consumarne in grandi quantità. Tali essenze sono però caratterizzate da un'alta percentuale di K e da uno scarso tenore in Mg. Poiché questi elementi sono dei regolatori del meccanismo della eccitabilità neuromuscolare: il K ha funzione eccitante; il Mg in sincronia con il Ca ha un ruolo moderatore, ne emerge un'alterazione complessiva di tale meccanismo.

La sintomatologia ha andamento progressivo ed è caratterizzata da stati di nervosismo, perdita di appetito, salivazione abbondante, calo della produzione latte, convulsioni e tetania, fino ad arrivare a stati comatosi ed anche morte dell'animale. Quando la disfunzione si manifesta bisogna intervenire immediatamente sugli animali con iniezioni di composti fisiologici di magnesio per via intramuscolare e di calcio per via endovenosa. Contemporaneamente, l'alimentazione viene integrata con composti minerali e si sospende la somministrazione di foraggio verde.

Preventivamente si possono effettuare concimazioni con concimi magnesiaci nei terreni che presentano carenze di Mg, in modo tale che il contenuto di questo elemento nel foraggio raggiunga valori dello 0,2% sulla sostanza secca.

Dismetabolie legate al metabolismo energetico

- **Acetonemia o chetosi** - L'acetonemia è una dismetabolia che colpisce prevalentemente le grandi lattifere. Essa si manifesta con riduzione dell'appetito, perdita di vivacità, respiro affannoso, eccessiva salivazione, dimagrimento e quindi ridotta produzione di latte e fertilità. La chetosi insorge nel momento in cui nel sangue si modifica il rapporto tra il contenuto di glucosio e quello dei corpi chetonici (acido acetoacetico, acido idrossibutirrico, acetone) a favore di questi ultimi. La chetosi è una patologia legata ad intensa lipomobilizzazione che comporta un notevole flusso di acidi grassi non esterificati (NEFA) al fegato e ad un'eccessiva produzione, oltre la capacità d'utilizzo da parte dell'organismo, di acetyl-coenzimaA, proveniente dall'ossidazione degli acidi grassi; in tale condizione avviene la condensazione di due molecole di acetyl-coenzimaA con produzione finale di β -idrossibutirrato, acetoacetato ed acetone, noti con il nome di corpi chetonici e che vanno a concentrarsi nel sangue.

In condizioni normali, la demolizione dei lipidi di riserva porta alla produzione di acetil-CoA il quale entra nel ciclo metabolico terminale. La mancata produzione di acido piruvico comporta l'arresto del ciclo di Krebs e, di conseguenza, la mancata utilizzazione dell'acetil-CoA che, per condensazione, va a formare i corpi chetonici. Nel fegato si verifica una più o meno accentuata tendenza alla steatosi dovuta, in parte, all'accumulo di una parte dei NEFA riesterificati in trigliceridi e in parte per diminuita sintesi di lipoproteine necessarie a trasportare i grassi del fegato al sangue e ai tessuti periferici. La steatosi epatica comporta una ridotta efficienza dell'epatocita che, si traduce anche in un versamento di bilirubina coniugata dal fegato al circolo sanguigno con un suo conseguente aumento nel sangue. L'origine della chetosi è, comunque, molto complessa e oltre che al deficit energetico va attribuita a numerosi meccanismi neuroormonali responsabili del metabolismo glicolipidico. Infatti, la mobilizzazione dei lipidi di deposito inizia già prima del parto e tale processo è determinato da alcune variazioni ormonali. Secondo qualche autore, l'ormone più coinvolto è l'insulina (una sua diminuzione comporta un aumento dei NEFA), mentre secondo altri, oltre all'insulina assumono un ruolo non indifferente il glucagone e l'ormone somatotropo, i quali determinano una mediocre utilizzazione periferica permanente dei principi nutritivi al fine di aumentare i nutrienti-base per la sintesi del latte. In definitiva, quindi, la chetosi può essere considerata una sindrome dismetabolica a forte componente neuroormonale che si caratterizza per alterazioni del metabolismo glicolipidico con ipoglicemia più o meno marcata e presenza di corpi chetonici nel sangue e nelle urine. La ipoglicemia determina una minore disponibilità di energia per l'organismo con rallentamento di tutti i processi biologici implicati nel mantenimento e nell'anabolismo degli animali. La chetosi può, quindi, essere causa scatenante di altre affezioni (ipofertilità, aumento di cellule somatiche nel latte, immunodepressione).

Il momento più critico per la comparsa della malattia nelle lattifere è il periodo post-partum quando l'appetito è generalmente ridotto e le richieste energetiche molto elevate. Il fatto diventa grave nelle bovine grasse, che potendo utilizzare le proprie riserve adipose, avvertono di meno lo stimolo ad alimentarsi. L'insorgenza della chetosi è incentivata dalla presenza nella dieta di sostanze chetogeniche, come l'acido butirrico che a livello metabolico dà origine all'acido β -idrossibutirrico; negli insilati che hanno subito processi fermentativi anomali tale sostanza raggiunge livelli molto alti. La dismetabolia è influenzata sia dalla carenza di sali minerali e vitamine nella dieta, in quanto alcune di tali sostanze costituiscono parte integrante di strutture enzimatiche ed ormonali che intervengono nel metabolismo dei corpi chetonici stessi, sia dalle tecniche di allevamento come dimostra la maggiore frequenza di questa patologia in condizioni di stabulazione permanente rispetto agli animali tenuti al pascolo, considerando che il moto favorisce la combustione dei corpi chetonici

La patologia può essere prevenuta con una corretta alimentazione. Nelle vacche in asciutta bisogna evitare l'eccessivo ingrassamento, salvo arricchire la razione nelle ultime due settimane prima del parto per integrare le riserve di glucosio e di glicogeno che l'animale utilizzerà nella prima fase di lattazione per coprire l'intensa richiesta energetica; mentre negli animali in lattazione la razione deve essere formulata in modo da non superare un contenuto in proteine del 12-14% sulla s.s., da garantire un contenuto in fibra del 18-20% sulla s. s. e da limitare o escludere insilati con tenore in acido butirrico superiore all'1-1,5%. Negli ultimi anni si è diffuso, con risultati positivi, l'utilizzo del glicole propilenico (1,2-propandiolo) miscelato nella razione *unifeed* o nell'acqua di bevanda.

Una dismetabolia simile si verifica nella pecora e va sotto il nome di tossiemia

gravidica o chetosi della pecora o ancora malattia degli agnelli gemelli. Essa è causata da un bilancio energetico negativo, risultante dalle aumentate richieste del feto o dei feti in rapido accrescimento che si verifica nelle ultime 2-4 settimane pre-parto. Vengono colpite soprattutto le pecore con più di 1 lattazione ma anche primipare con gravidanze gemellari. Le cause sono da attribuire all'ingestione di foraggi scadenti o a una diminuita ingestione volontaria in pecore gravide troppo grasse. Peraltro, brusche variazioni alimentari, presenza di altre malattie (pedaina, parassiti intestinali), stress ambientali possono ridurre l'ingestione alimentare e favorire la tossiemia alla cui insorgenza contribuisce anche la carenza di altri nutrienti quali colina e biotina. Così come avviene in tutti i ruminanti, le pecore non sono in grado di regolare le richieste di glucosio del feto e, quindi, devono attingere dalle riserve corporee in presenza di insufficienti apporti alimentari. Il glucosio necessario ai fabbisogni energetici dei tessuti e del feto in buona parte viene sintetizzato o dal fegato a partire dall'acido propionico o attraverso la neogluconeogenesi a partire dagli aminoacidi glucogenetici, dal lattato e dal glicerolo oppure deriva dalla digestione intestinale degli amidi sfuggiti all'attacco ruminale. Quando i precursori del glucosio e il glucosio derivante dalla digestione intestinale sono insufficienti si verifica ipoglicemia che porta alla depressione del sistema nervoso centrale.

Nei primi stadi della malattia gli animali presentano ipoglicemia, livelli elevati di NEFA, iperchetonemia e chetonuria. Nella forma più avanzata e con insufficienza renale si osserva una riduzione fino al 50% del bicarbonato; i livelli ematici di β -idrossibutirrato aumentano (> 1 mmol/l), i feti si possono presentare in avanzato stato di decomposizione; il fegato è ingrossato, pallido, friabile e con superficie di taglio untuosa (steatosi epatica di vario grado).

Per la prevenzione, le pecore vanno osservate singolarmente nelle ultime settimane di gravidanza e andrebbero individuate le gravidanze gemellari. Come indice di spia può essere utilizzato il β -idrossibutirrato e se la sua concentrazione supera i 4,8 mg/dl (0,8 mmol/l) bisogna aumentare il livello nutritivo.

8.2 Principali disturbi degli equini dovuti all'alimentazione

I disturbi dovuti all'alimentazione sono, nella maggior parte dei casi, dovuti a degli errori di razionamento.

I disturbi attribuibili all'alimentazione sono numerosi e, talvolta, difficili da diagnosticare. I più ricorrenti sono la mioglobinuria, l'arrembatura, le coliche: essi sono molto spesso dovuti ad errori grossolani di razionamento. Le patologie osteoarticolari sono le più insidiose. Esse sono legate ad errori del razionamento minerale e/o vitaminico.

L'osteofibrosi è l'affezione più grave e la più comune legata ad un errato razionamento fosfo-calcico. Essa colpisce i giovani cavalli (puledri di un anno o più anziani) ma anche gli adulti. In taluni luoghi, l'osso è la sede di una modificazione chiamata metaplasia fibrosa, che è una sorta di proliferazione anarchica dei tessuti fibrosi che possono tradursi in un ispessimento o in una deformazione locale della superficie ossea. L'osso diventa inoltre più fragile. Queste lesioni si osservano sia a livello della testa (ispessimento simmetrico delle ossa della faccia: "testa di ippopotamo" osservate talvolta negli asini dei mugnai) o, più spesso, a livello degli arti (soprosso, spavenio, callosità dure in genere, ben conosciute dai cavalieri). Allorché queste deformazioni risiedono a livello delle articolazioni o delle

guaine tendinee, esse determinano gravi zoppie, permanenti ed intermittenti. L'**osteofibrosi** è legata ad una carenza di calcio associata il più delle volte ad un eccessivo apporto di fosforo. Essa è, dunque, favorita dalle razioni molto ricche in cereali, l'abuso di pastoni (*mashes*) a base di crusca, l'utilizzazione di foraggi di mediocre qualità senza leguminose, una scelta sbagliata nella integrazione minerale. L'apporto di vitamina D senza correzione in calcio è egualmente nociva. Non bisogna perdere di vista che non si tratta solamente di assicurare gli apporti minimi di calcio previsti dalle tabelle degli apporti, ma di mantenere allo stesso tempo un rapporto Ca/P dell'ordine di 1,5 per "equilibrare", all'occorrenza, l'effetto di un eccessivo apporto di fosforo.

Il **rachitismo** si traduce in anomalie dello sviluppo e dell'accrescimento osseo (difetto di mineralizzazione) e delle deformazioni dello scheletro (ipertrofia delle estremità ossee) nell'animale in accrescimento. Esso è dovuto ad un apporto difettoso di calcio e/o fosforo, associato ad una carenza di vitamina D. Di fatto, esso è relativamente raro nel cavallo in rapporto all'osteofibrosi. Conviene, tuttavia, essere vigili in ciò che concerne gli apporti di fosforo negli animali in accrescimento, ogni qualvolta i foraggi utilizzati siano di cattiva qualità o si impieghino alimenti particolarmente privi di fosforo (per esempio le polpe di barbabietola disidratate).

L'**osteomalacia** ha le stesse cause del rachitismo, ma interessa le ossa che hanno portato a termine il loro accrescimento e che sono oggetto di insufficiente mineralizzazione. Non provoca deformazioni importanti.

Alterazioni dell'appetito e affaticamento eccessivo: l'insufficienza cronica degli apporti di cloruro di sodio si traduce in una alterazione dell'appetito, nell'ispidità del crine o nell'apparizione precoce di segni di fatica nello sforzo. L'eccesso di cloruro di sodio è eccezionale.

Malattia del muscolo bianco: una sola carenza in oligoelementi ha un'importanza primaria nel cavallo: è la carenza di selenio. Essa è responsabile della malattia del muscolo bianco che può essere osservata molto precocemente, qualche settimana dopo la nascita o sugli animali adulti. È legata all'apparizione di una degenerazione muscolare di colore biancastro (da cui deriva il nome corrente della malattia) a livello dei muscoli scheletrici o del cuore, provocando delle difficoltà motorie più o meno importanti, od una morte violenta per insufficienza cardiaca. Nei cavalli da carne adulti, la carenza in selenio favorisce ugualmente le lesioni fibrolipomatose che rappresentano una causa importante del sequestro al macello. La carenza in selenio è legata ad una deficienza dei foraggi stessi, che a sua volta dipende da una carenza del terreno. Si può rimediare con l'integrazione minerale o per iniezione di composti a base di selenio, alla giumenta in gestazione o in lattazione. Questi apporti devono essere fatti in modo molto rigoroso, perché l'eccesso di selenio può provocare una gravissima intossicazione. L'apporto di vitamina E associata a selenio ha un effetto coadiuvante.

Equilibrio concernente gli oligoelementi: le carenze sono molto rare nel cavallo rispetto ai ruminanti. Una carenza in zinco può, tuttavia, essere osservata traducendosi in modificazioni cutanee (caduta dei peli, ispessimento della pelle, eczema). Il gozzo del puledro può apparire ugualmente allorché le giumente siano carenti in iodio.

Gli eccessi di oligoelementi sono talvolta da temere. Il selenio, negli alimenti è molto tossico alla quota di circa 5 mg/kg nella razione totale. Esso provoca la caduta dei crini, delle deformazioni e successivamente la caduta degli zoccoli ed infine la paralisi più conosciuta col nome di "malattia alcalina". Il fluoro è tossico oltre la quota di 50 mg/kg di razione alimentare. Il suo eccesso provoca rigidità

nell'andatura, zoppie, deformazioni ossee e lesioni alla dentizione.

COMPORAMENTI ALIMENTARI PARTICOLARI

La *coprofagia* è molto frequente e naturale nel giovane puledro dopo la nascita.

Compare all'età di circa un mese, nel momento in cui l'attività microbica dell'intestino non è ancora sufficientemente sviluppata. Essa è eccezionale nell'adulto e sovente considerata come una turba del comportamento dovuta alla noia, da una deviazione del gusto o dalla distribuzione di un regime ricco in alimenti concentrati.

Il *masticamento del legno*: in scuderia il cavallo mastica frequentemente il legno del truogolo o del battifianco. I regimi molto ricchi in alimenti concentrati favoriscono questo comportamento particolare. La distribuzione di paglia (segnatamente in lettiera) può limitarlo.

CAP. I X. ALIMENTI PER IL BESTIAME

9.1 Classificazione degli alimenti

Gli alimenti per il bestiame sono distinti in **foraggi**, **prodotti complementari dei foraggi** e **mangimi concentrati**. I foraggi a loro volta, si suddividono in foraggi verdi, fieni e insilati e possono essere costituiti da leguminose, graminacee o essere polifiti.

Classificazione degli alimenti per il bestiame	
Foraggi: leguminose, graminacee, polifiti (35 - 90 UF/q)	Foraggi verdi (11-20 UF/q; SS = 15-22%) Fieni (35 - 55 UF/q; SS = 87%) Insilati
Prodotti complementari dei foraggi 25 - 50 UF/q	cereali: paglie, stocchi, piante legnose: foglie, sarmenti, frasche residui: vinificazione, oleifici, trebbiatura
Mangimi concentrati > 60 UF/q media = 65 - 120 UF/q	semi di piante erbacee e legnose trasformazione di prodotti vegetali: cereali, panelli, residui zuccherificio trasformazione prodotti animali: caseificio, carni, pesce

I foraggi verdi costituiscono la base alimentare degli erbivori, soprattutto, nei sistemi d'allevamento brado e semistallino. Il loro valore nutritivo è compreso tra 11 e 20 U.F./q e sono molto acquosi.

9.2. Foraggi di leguminose

La famiglia delle leguminose è rappresentata da circa 18.000 specie che hanno la caratteristica di crescere in simbiosi con batteri fissatori di azoto e di essere molto resistenti alla siccità. Fra esse ricordiamo soprattutto l'erba medica e i trifogli. Molte leguminose quali il trifoglio sotterraneo, il trifoglio pratense e l'erba medica, contengono composti ad attività estrogena. Gli estrogeni presenti nei trifogli sono soprattutto gli isoflavoni mentre, nella medica vi è generalmente il cumestrola. Gli isoflavoni e i cumestrola che si trovano in natura hanno un'attività estrogena relativamente modesta, ma essa può aumentare a seguito del metabolismo ruminale. Il trifoglio bianco normalmente non contiene attività estrogena, ma se infestato da funghi possono produrre cumestrola in notevole quantità. Il consumo di erbe ricche di estrogeni nelle pecore può provocare infertilità grave e mortalità negli agnelli dopo la nascita. La sterilità può durare per lunghi periodi anche dopo che le pecore sono state tolte dal pascolo ricco di estrogeni. La causa principale di questa infertilità è la mancata fecondazione, associata ad una scarsa penetrazione dello sperma nell'ovidutto. Un'infertilità temporanea può registrarsi nelle pecore che si alimentano con erbe da pascolo contenenti estrogeni nel periodo degli accoppiamenti. I bovini non sembrano subire conseguenze così gravi come quelli constatati negli ovini.

Erba medica: ha un elevato contenuto in proteina grezza (15-26% su s.s.), calcio (14 g), magnesio, carotene e vitamine del gruppo B, ma il contenuto di fosforo è piuttosto scarso (3-3,5 g/kg s.s.). Il valore nutritivo dell'erba fresca è, in media, di 14-16 U.F./q. Viene adoperata soprattutto per gli animali in accrescimento e per le lattifere. L'erba degli sfalci precoci e, soprattutto, se bagnata di rugiada, può causare il meteorismo del ruminante, dovuto ad una saponina che, impedisce l'eliminazione dei gas di fermentazione.

Trifoglio pratense, per composizione e caratteristiche nutritive il foraggio verde del trifoglio pratense o violetto è molto vicino a quello della medica. Il contenuto proteico si aggira intorno al 16-20%, mentre il valore nutritivo è di 12-15 U.F./q. Può causare fenomeni di meteorismo, ma in modo meno preoccupante rispetto alla medica.

Trifoglio ladino, è molto consigliato soprattutto per le lattifere ed il giovane bestiame. Fornisce circa 13-15 U.F./q.

Altre leguminose degne di nota sono la lupinella e la sulla.

9.3. Foraggi di crucifere

In campo agricolo assumono molta importanza i cavoli da foraggio, la colza, le rape e il ravizzone; alcune di esse sono coltivate soprattutto per sfruttarne la radice.

I cavoli da foraggio sono coltivati in aree temperate e forniscono foraggio verde durante l'inverno, ma in aree più siccitose possono essere usati come supplemento del pascolo estivo. Essi hanno un basso contenuto in sostanza secca (circa 14%) che è ricca di proteine (15%), di carboidrati solubili (20-25%) e di calcio (1-2%); generalmente sono molto digeribili ad eccezione degli steli legnosi.

Il cavolo cappuccio è coltivato sia per il consumo umano sia per l'alimentazione degli animali. Le foglie sono imbricate le une sulle altre formando una palla, ha una bassa proporzione di stelo e pertanto è poco fibroso rispetto ai cavoli da foraggio, alla colza e al ravizzone.

Il valore nutritivo della colza e del ravizzone è simile a quello dei cavoli.

Tutte le crucifere coltivate sia per il foraggio, sia per le radici e sia per la produzione di olio, contengono sostanze gozzigene. In quelle coltivate come foraggio, queste sostanze sono del tipo tiocianato ed interferiscono sulla captazione di iodio da parte della ghiandola tiroide; i loro effetti possono essere neutralizzati aumentando la quantità di iodio nella dieta. In tutti gli animali che consumano questi foraggi si può sviluppare un gozzo più o meno voluminoso, ma gli effetti più dannosi si osservano in agnelli nati da pecore che sono state alimentate con crucifere durante la gestazione i quali possono nascere morti o deformati. Nei bovini è stato ipotizzato, ma non confermato, che le femmine che consumano cavoli da foraggio possono eliminare con il latte una certa quantità di principi gozzigeni tale da provocare il gozzo nei vitelli che allattano. Nei ruminanti, le crucifere possono causare un'anemia emolitica ed in casi estremi il contenuto ematico di emoglobina può ridursi ad un terzo del suo valore normale mentre, gli eritrociti sono distrutti così rapidamente che l'emoglobina appare nelle urine (emoglobinuria). Il fatto è riconducibile alla presenza nelle brassicacee di un aminoacido insolito, l'S-metilcisteina sulfossido, che nel ruminante è ridotto a dimetil disolfuro che danneggia i globuli rossi. Il foraggio verde di crucifere contiene 12-20 g/kg SS di S-metilcisteina sulfossido e per non incorrere nei danni che esso può provocare occorre evitare che questi foraggi costituiscano più di un terzo della sostanza secca totale della razione.

9.4. Foraggi dei prati polifiti.

La composizione del prato naturale è molto varia ed è in relazione alle condizioni pedo-climatiche. Fra le specie più rappresentate ricordiamo: graminacee, leguminose, composite, ombrellifere, rosacee, labiate, crucifere, ecc..

Il foraggio verde dei prati polifiti asciutti, falciati entro il periodo della fioritura delle graminacee più diffuse, in media contiene: sostanza secca 22-27%, proteina digeribile 2-2,5%, valore nutritivo 14-18 U.F. /q. La composizione della SS dell'erba da pascolo è molto variabile: il contenuto in proteine grezze può variare da 30 g/kg nelle erbe molto mature fino a 250-300g/kg nelle erbe molto giovani e cresciute in terreni ben concimati. Il tenore in fibra grezza in genere è inversamente proporzionale a quello delle proteine e può variare da 200 g/kg a 400 g/kg nelle erbe molto mature. Se il raccolto è destinato alla conservazione, diviene molto importante il contenuto in acqua il quale è molto alto nei primi stadi vegetativi, 75-85%, per poi diminuire intorno al 65% nelle piante mature. Esso, oltre che dallo stadio vegetativo è influenzato dalle condizioni climatiche. Fra i carboidrati idrosolubili dei foraggi ricordiamo i fruttosani e gli zuccheri (glucosio, fruttosio, saccarosio, raffinosa, stachiosio) la cui concentrazione nella S.S. oscilla dal 4% in alcune varietà di erba mazzolina al 30% in alcune varietà di *Lolium italicum*; la concentrazione di carboidrati negli steli a volte può essere anche 3-4 volte superiore a quella delle foglie e, generalmente, è massima poco prima della fioritura. Il contenuto in cellulosa ed emicellulose è rispettivamente del 20-30 e 10-30% sulla S.S., e così come per la lignina, esso aumenta con l'invecchiare della pianta. I principali composti azotati dei foraggi sono rappresentati dalle proteine, per le quali si assiste ad una diminuzione del loro contenuto con l'avanzare del ciclo vegetativo ma non ad una variazione delle proporzioni dei singoli aminoacidi. Anche tra le varie specie di erba la composizione in aminoacidi delle proteine non è molto variabile e ciò in quanto circa il 50% delle proteine cellulari è rappresentato da un singolo enzima, la ribuloso 1,5-difosfato carbossilasi, che gioca un ruolo importante nella fissazione fotosintetica dell'anidride carbonica. Inoltre, le proteine dell'erba sono ricche di arginina e contengono elevati quantitativi di acido glutammico e lisina e hanno un valore biologico per la crescita più elevato rispetto a quelle dei semi. Fra gli aminoacidi delle proteine dell'erba limitanti per la crescita ricordiamo l'isoleucina e soprattutto la metionina. L'azoto non proteico varia nell'erba con lo stadio fisiologico ed è più elevato se le condizioni di crescita della pianta sono favorevoli. I principali componenti della frazione di azotato non proteico sono rappresentati da aminoacidi e amidi, come la glutamina e l'asparagina, che sono interessati nella sintesi proteica. Vi può essere anche la presenza di nitrati i quali possono avere effetti tossici sugli animali ruminanti; ciò perché nel rumine i nitrati sono ridotti a nitriti, i quali ossidano il ferro ferroso della emoglobina portandolo allo stato ferrico e quindi trasformano l'emoglobina in metaemoglobina, che è incapace di combinarsi con l'ossigeno per trasportarlo ai vari tessuti del corpo. Gli animali in questi casi presentano tremori, barcollamento, respiro frequente e affannoso e in alcuni casi si può avere la morte dell'animale stesso. I sintomi tossici si verificano in animali che ingeriscono erbe con un contenuto in N nitrico di 0,7 g/kg S.S., comunque, la concentrazione letale è più elevata (> 2,2 g/kg S.S.). I nitrati sono più pericolosi se ingeriti improvvisamente e velocemente e i loro effetti dannosi sono attenuati dalla presenza dei carboidrati solubili nei foraggi. Il contenuto dei nitrati nelle erbe varia con la specie e la varietà

di queste e con le concimazioni e, generalmente, è proporzionale al contenuto proteico.

Il contenuto lipidico delle erbe, determinato come estratto etereo, è relativamente basso e generalmente non supera i 60 g /kg S.S.. I componenti di questa frazione comprendono i trigliceridi, i glicolipidi, le cere, i fosfolipidi e gli steroli. I trigliceridi si trovano solo in piccola quantità, il maggior componente è rappresentato dai galattolipidi che costituiscono il 60% dei lipidi totali presenti. L'acido linolenico è il principale acido grasso il quale rappresenta il 60-75% del totale degli acidi grassi, seguono l'acido linoleico e l'acido palmitico.

Il contenuto minerale delle erbe da pascolo è molto variabile e dipende dalla specie, dallo stadio vegetativo, dalle caratteristiche del suolo, dalla tecnica colturale e dai fertilizzanti impiegati.

I foraggi verdi sono molto ricchi in caroteni, i precursori della vitamina A i quali, nella S.S. di erba molto giovane, possono essere presenti in quantità di 550 mg/kg; un'erba di questo tipo copre cento volte il fabbisogno di una vacca al pascolo che ne mangi in normali quantità. Le erbe in crescita contengono solo limitate quantità di vitamina D ma contengono i relativi precursori; probabilmente il maggior contenuto in vitamina D nelle erbe mature rispetto a quelle giovani è dovuto alla presenza di foglie morte nelle quali la vitamina D₂ può prodursi per irradiazione dell'ergosterolo. La maggior parte dei foraggi è ricca in vitamina E e di molte vitamine del gruppo B, soprattutto riboflavina.

9.5. Foraggi di erbai

Gli erbai sono colture monofite o consociate di piante foraggiere a breve ciclo vegetativo, che forniscono un solo taglio consumato allo stato verde o destinato all'insilamento. Possono essere colture annuali o più spesso intercalate fra due colture principali. Fra essi ricordiamo:

- Erbaio di avena. Si sfalcia in primavera al momento o poco prima della fioritura; è appetito dagli animali e molto indicato per gli equini, bovini da carne e da lavoro. Contiene 18-21% di sostanza secca, 1,3-2% di protidi digeribili ed ha un valore nutritivo di 13-15 U.F./q.

- Erbaio di orzo. Si utilizza tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera; le caratteristiche nutritive sono quasi uguali a quelle dell'erbaio di avena.

- Mais da foraggio. L'erbaio di mais è caratterizzato da un'elevata percentuale di estrattivi inazotati (50-64%), da un basso contenuto in proteina grezza (8-10%) e da un tenore di fibra compreso tra il 28 e il 24%, rispettivamente nel foraggio verde in fioritura e nella pianta a maturazione cerosa delle cariossidi. Il foraggio di mais può essere insilato facilmente in quanto il contenuto zuccherino è elevato (3-6%).

Fra gli erbai di leguminose ricordiamo: favetta da foraggio, veccia, trifoglio (incarnato e alessandrino).

9.6. Radici e tuberi

Barbabietole da foraggio. Contengono il 12% di sostanza secca, 10% di estrattivi inazotati, 1% di fibra e 12 U.F./q. Sono indicate per gli animali da ingrasso e, così come per le rape, se impiegate in quantità eccessive, causano diarrea.

- Patate. Essendo molto appetibili e ricche in amido sono indicate per gli animali all'ingrasso. Mentre ai bovini possono essere somministrate crude, per i suini è preferibile cuocerle.

Nell'alimentazione animale sono impiegate anche: rape, carote, barbabietole da zucchero, patate dolci, ecc.

9.7. Pascoli

Il foraggio verde, oltre che essere somministrato agli animali, può essere da questi pascolato direttamente.

Una moderna tecnica di pascolamento deve mirare a:

- utilizzare l'erba ad uno stadio vegetativo giovanile, quando è più digeribile, appetibile, ricca di proteine ed ha un più elevato contenuto in U.F.;
- prolungamento della stagione di pascolo e maggiore uniformità nella produzione del cotico erboso;
- mantenimento delle buone caratteristiche della flora e della fertilità del terreno, difesa dalla degradazione;
- aumento sensibile delle produzioni zootecniche ottenibili dalle unità di superficie pascolative.

Questi obiettivi possono essere realizzati mediante l'adozione dei seguenti interventi tecnici e pratiche di buon governo dei pascoli:

- suddivisione degli appezzamenti mediante recinti elettrici mobili in parcelle di estensione tale da fornire 2-3 giorni di pascolo;
- concimazione iniziale del prato con elementi azotati, fosfatici e potassici;
- suddivisione del bestiame in due o più gruppi sufficientemente omogenei rispetto ai bisogni nutritivi che saranno fatti pascolare successivamente in ciascuna parcella;
- immissione di un forte carico di bestiame, in maniera da utilizzare tutto il foraggio disponibile nel giro di 2-3 giorni;
- disponibilità di un numero di parcelle tale da consentire, con la rotazione del pascolo, che ognuna goda di un periodo di riposo sufficiente a permettere la crescita dell'erba fino all'altezza ottimale di circa 15 cm;
- esecuzione, subito dopo terminato il pascolo di ogni parcella, di un complesso di operazioni colturali atte a favorire la ripresa vegetativa e a mantenere bene il cotico erboso (sfalcio delle infestanti, spargimento delle deiezioni, irrigazione, fertilizzazione).

In queste condizioni e in presenza di prati-pascoli di media produttività il carico di bestiame per ettaro e per due giorni di pascolamento si aggira intorno ai 150 q, cioè 20-25 capi grossi/ettaro/turno. Va tenuto presente che ogni capo grosso (bovini) necessita di circa 40-55 kg di erba fresca al giorno.

Le capacità di carico dei pascoli vanno legate a diversi fattori:

a) fattori vegetali, si intendono quegli elementi di carattere quantitativo, come la superficie dei terreni pascolativi e quantitativo, come la produttività della cotica erbosa, il valore alimentare e l'appetibilità dell'erba, che sono riferiti alla produzione vegetale;

b) fattori climatici: influenzano la distribuzione della produzione foraggiera nel corso dell'anno promuovendo o limitando i ritmi di accrescimento dell'erba. Ad esempio, nell'arco alpino, il periodo di pascolo è limitato dalla presenza delle masse nevose per un considerevole periodo dell'anno e, quindi, può considerarsi concentrato nella stagione estiva. In questo intervallo si riscontra inoltre la coincidenza del massimo di piovosità annuale e quindi la produzione vegetale si mantiene pressoché uniforme per tutta la durata dell'alpeggio (giugno-settembre). Nelle regioni centrali e meridionali dell'Italia, invece, la produzione vegetale risente notevolmente del differente andamento stagionale. La produzione rispecchia anche qui la pluviometria delle stazioni meteorologiche con un massimo di produzione nel periodo primaverile, una parziale ripresa produttiva in autunno, dopo il drastico calo del periodo estivo corrispondente alla fase di maggior indisponibilità idrica.

c) fattori fisici: sono compresi gli elementi geo-pedologici e quelli topografici. Essi sono individuati con uno studio comparato del suolo, considerato sia come matrice chimico-fisica, che come parametro di variabilità geo-morfologica. Gli elementi altitudinali di pendenza e di esposizione di un terreno, insieme alle sue caratteristiche pedologiche, giocano un ruolo importante nella determinazione della quantità e della qualità dei foraggi prodotti, non solo, ma altrettanta importanza assumono nei riguardi della conservazione dell'assetto naturale dei territori montani. Un esempio di questa rilevanza si ha nelle zone a marcata pendenza dove il carico di bestiame dovrebbe essere sotto dimensionato a priori per limitare i danni prodotti dal calpestio. Lo stesso principio vale, in analogia, per le zone maggiormente esposte a qualsiasi forma di degrado dove il danno degli animali è amplificato dalla fragilità delle cotiche;

d) fattori zootecnici: la determinazione del carico dei pascoli deve tenere conto in primo luogo, della o delle specie animali allevate con particolare riferimento al comportamento alimentare specifico. Molto importante è la valutazione dei parametri, come ad esempio, il coefficiente e il livello d'ingestione, il modo d'assunzione dell'erba mentre, successivamente, nell'ambito della specie vanno individuati i fabbisogni alimentari, tenendo conto della razza, del sesso, della categoria e del livello produttivo. Inoltre, non bisogna trascurare la gestione pastorale con l'analisi delle tecniche di pascolamento e delle modalità d'esercizio quali la natura e la distribuzione dei punti d'acqua, dei ricoveri e delle recinzioni e la disponibilità delle scorte alimentari per i periodi di maltempo.

9.7.1. Tecniche di pascolamento:

Le tecniche di pascolamento possono essere considerate come l'espressione del livello organizzativo raggiunte dalle imprese pastorali per utilizzare le risorse foraggiere disponibili in un determinato ambiente. La scelta tecnica degli allevatori può essere influenzata da numerosi fattori, alcuni attinenti alle condizioni sociali e culturali, altri riguardanti la struttura fondiaria, la natura topografica e geopedologica del terreno, la qualità dei pascoli, ecc..

Man mano che si passa dal sistema di allevamento a carattere estensivo, o sistema pastorale puro, ai sistemi di allevamento semiestensivi e intensivi, sono messe in atto tecniche di pascolamento, sempre più specializzate che consentono, unitamente ad altri interventi agronomici, una migliore utilizzazione dei pascoli e un incremento delle produzioni animali. Con la razionalizzazione del sistema di pascolamento si tende, infatti, a:

- prolungare la stagione di pascolo;
- regolarizzare la disponibilità d'erba, in modo da superare quei contrasti di natura climatica che non consentono sempre di soddisfare le esigenze nutritive degli animali;
- incrementare il carico di animali per unità di superficie pascolativa;
- migliorare le condizioni del cotico;
- prevenire le più comuni malattie degli animali al pascolo, parassitosi in modo particolare.

Le tecniche di pascolamento più note sono:

a) pascolo continuato: è una forma di pascolo incontrollato, con ampie superfici disponibili per il bestiame. Gli animali soggiornano nell'area di pascolo finché ne traggono alimenti; l'intervento dell'uomo è limitato così come limitate sono le attrezzature per il contenimento degli animali. A prima vista sembra una tecnica di

pascolamento molto semplice, in realtà risulta piuttosto impegnativa se si vogliono evitare effetti negativi. Infatti, si ritiene che il pascolamento continuato degradi facilmente la biomassa vegetale, in termini sia quantitativi sia qualitativi. Fra le principali cause di ciò possiamo segnalare:

- la selezione alimentare operata dagli animali determina una riduzione delle piante più appetite e l'invasione di specie infestanti o, comunque, poco appetibili;
- il continuo consumo delle specie più appetite non tiene conto dei periodi di riposo pascolativi, necessari alle piante per accumulare quelle sostanze di riserva che saranno utili per i successivi ricacci;
- le zone di pascolo sono utilizzate in modo diverso; le zone pianeggianti e ricche di pascoli sono battute molto più frequentemente dagli animali, con il risultato che l'aggravio del carico per unità di superficie comporta un inevitabile danneggiamento delle cotiche erbose. Al sovraccarico delle zone più lussureggianti si contrappone spesso un carico sotto dimensionato dei terreni più scomodi, con conseguenti sprechi foraggieri;
- in mancanza di un controllo diretto, il transito ed il riposo degli animali nelle medesime zone possono determinare profondi sentieramenti ed accumulo di deiezioni.

In ultima analisi il pascolo incontrollato, o continuato, può far variare le potenzialità produttive dei pascoli, compromettendo seriamente i cicli della riproduzione vegetale.

b) pascolo a rotazione: questa tecnica presuppone l'esistenza di sezioni di pascolo opportunamente recintate ed utilizzate dagli animali in maniera discontinua. Una forma di pascolo a rotazione può essere rappresentata dalla successione nello stesso settore di pascolo di animali della stessa specie, appartenenti a diverse categorie produttive (vitelli, vacche da latte, ecc.). La principale limitazione alla diffusione di questa tecnica è data dallo scarso periodo di riposo delle cotiche, fatto che va a limitare la produzione foraggiera complessiva. Si preferisce, allora, destinare alle categorie di animali con più elevati fabbisogni nutritivi i pascoli più vicini e più ricchi e inviare gli altri animali nelle zone meno accessibili (lontane, scoscese, ecc.). La presenza degli animali (in termini di densità e di durata) è in funzione del ciclo vegetativo dell'erba e quindi delle disponibilità foraggere periodiche ed in funzione delle esigenze alimentari degli animali. Tra le attrezzature aziendali necessarie per il contenimento degli animali, le recinzioni assumono importanza fondamentale; esse possono essere fisse o mobili. Le recinzioni fisse sono impiegate di solito per delimitare il perimetro aziendale e sono generalmente in legno, filo spinato o in rete; le recinzioni mobili si adattano meglio alla realizzazione delle parcelle e sono molto pratiche e convenienti quelle elettriche.

c) pascolo parcellare o razionato: consente di mettere a disposizione degli animali una piccola parte della superficie pascolativa, sufficiente a soddisfare le esigenze nutritive giornaliere di una mandria o di un gregge. Questa tecnica, a carattere intensivo, prevede per una sua corretta applicazione un costante impegno di manodopera per l'allestimento delle parcelle e per lo spostamento del bestiame. Inoltre, è indispensabile valutare correttamente la produzione foraggiera ed il carico di bestiame istantaneo medio che deve essere applicato, al fine di non pregiudicare i futuri cicli vegetativi delle piante. Il pascolo parcellare determina un maggior costo per la manodopera e per il materiale di recinzione, ma consente di sfruttare al meglio la produzione foraggiera permettendo, tra l'altro, un adeguato periodo di riposo della cotica. Per una razionale applicazione di questa tecnica pascolativa non sono sufficienti calcoli matematici basati sul rapporto fabbisogno/produzione, ma occorre

far riferimento alla flessibilità di utilizzazione dei pascoli ed alle variazioni dei tempi di riposo dei pascoli in funzione delle condizioni climatiche, topografiche ed in funzione della natura del suolo.

9.8. Foraggi insilati

L'insilamento, rispetto alla fienagione, offre alcuni vantaggi in quanto permette:

- di disporre di foraggi freschi durante la stagione fredda o durante la siccità estiva, utile soprattutto per la produzione latte;
- di conservare foraggi che non si prestano ad essere affienati (vedi granturco);
- una minore perdita di sostanza secca e di valore nutritivo dei foraggi insilati rispetto a quelli affienati;
- una minore impiego di mano d'opera;
- una minore cubatura, necessaria, per conservare il foraggio in silo anziché in fienile;
- eliminazione degli incendi.

I foraggi da insilare devono subire un parziale essiccamento (35-40% di sostanza secca per le graminacee e 50-60% per le leguminose), in quanto:

- a) una limitata disponibilità di acqua, ostacolando il proliferare di batteri, consente di insilare essenze foraggiere difficili, come le leguminose, e di contenere le perdite dovute alle fermentazioni e ai liquidi di percolazione, anche se contestualmente si verifica un aumento delle perdite di campo;
- b) la riduzione dell'umidità favorisce lo sviluppo dei lattobacilli rispetto ai clostridi e quindi influenza nel verso giusto la qualità degli insilati;
- c) il preappassimento aumenta l'appetibilità dell'insilato, dato che l'ingestione di sostanza secca aumenta con il diminuire degli acidi organici dell'alimento. Così, una bovina ingerisce 5-7 kg di sostanza secca se l'insilato contiene l'80-85% di acqua mentre ne ingerisce 9-11 kg se l'umidità dell'alimento è del 70% o meno.

I foraggi, una volta messi nei sili, vanno soggetti ad una serie di fenomeni biochimici che così si susseguono:

- respirazione: con questo processo è consumato l'ossigeno della massa e si produce CO₂; l'intensità di tale fenomeno è in relazione:
 - a) alla quantità di ossigeno presente nella massa la quale è legata allo stadio vegetativo, al grado di appassimento o di maturazione, alla lunghezza del taglio, alla rapidità delle operazioni di insilamento, al grado di costipamento, alla chiusura più o meno ermetica del silo; in genere l'aria dell'insilato dovrebbe essere privata del suo ossigeno entro 12 ore;
 - b) alla temperatura infatti, l'attività respiratoria cresce con l'aumento della temperatura sino a 40 °C, sviluppando mediamente 4 cal/g di carboidrati metabolizzati: nelle prime 24-36 ore la T non dovrebbe superare i 30 °C, se la T continua ad aumentare significa che c'è ricambio di ossigeno nella massa.
 - c) pH della messa: la respirazione diminuisce con l'aumentare dell'acidità fino a cessare con pH di 3,5;
- fenomeni autolitici: interessano la degradazione degli idrati di carbonio in alcol, acetaldeide, acido piruvico e acido lattico e delle proteine in peptidi e aminoacidi.
- fermentazioni batteriche: rappresentano le trasformazioni più importanti dell'insilamento. In base al tipo di batteri che le determinano possiamo distinguere:
 - a) fermentazione acetica: è dovuta ai batteri coliformi (aerobacter) che possono svilupparsi anche in presenza di ossigeno; si trovano alla superficie del terreno e nelle erbe e sono i primi a svilupparsi nel silo. Essi agiscono sugli zuccheri formando

d) fermentazione proteolitica: i batteri di tale fermentazione si distinguono in proteolitici in senso stretto se limitano la loro azione alla idrolisi proteica ed in putrifici se metabolizzano gli aminoacidi con produzione di ammine, ammoniaca, fenoli, H₂S. Detti batteri (Clostridi, Bacillus, Proteus) si moltiplicano solo a valori di pH superiori a 5,3-5,5. Da quanto detto, è logico che per la buona riuscita dell'insilato è necessario avere i seguenti accorgimenti:

- è preferibile trinciare il foraggio per facilitare la fuoriuscita dei succhi vegetali e quindi accelerare i processi di fermentazione;
- è necessario comprimere bene il foraggio e chiudere ermeticamente il silo per creare condizioni di anaerobiosi e quindi facilitare la fermentazione lattica che, peraltro, è favorita da T di 20-25 °C.

La trinciatura assume un'importanza basilare nella riuscita dell'insilamento. Più il foraggio è tagliato corto, meglio si pressa e minore è la quantità di aria, dannosa alle fermentazioni favorevoli, che rimane nel silo. La trinciatura accelera anche l'uscita dalle cellule vegetali dei succhi che costituiscono il substrato ottimale per l'attività dei batteri lattici. Essa, inoltre, è particolarmente vantaggiosa per i foraggi difficilmente fermentescibili o di forma ingombrante e nel caso di sili privi di chiusura ermetica come quelli orizzontali. Le foglie e i colletti di barbabietola, specialmente quando sono sporchi di terra, non vanno trinciati. L'insilamento senza trinciatura può essere effettuato purché si verifichino le seguenti condizioni:

- insilare erba giovane, non bagnata e fortemente preappassita;
- riempire il silo velocemente;
- usare dispositivi di chiusura ermetica o coperchi a pressione.

La lunghezza di trinciatura può variare da 0,5 a 3 cm in funzione dell'essenza foraggiera (minore nell'insilato di mais) e del grado d'umidità (maggiore nei foraggi verdi) e deve contemperare le esigenze della compressione con quelle della produttività del cantiere di raccolta.

Un buon insilato presenta le seguenti caratteristiche: integrità dei tessuti vegetali, odore gradevole, sapore acidulo, buona appetibilità, assenza di muffe, pH 3,8-4,2; acido lattico 7-12% sulla sostanza secca; contenuto in azoto ammoniacale non superiore al 10-12% rispetto a quello totale.

9.9. Fieni

Lo scopo della fienagione è quello di ridurre il contenuto in acqua del foraggio verde fino ad un livello tale da inibire l'azione degli enzimi vegetali e microbici. Derivano dalla essiccazione delle erbe, durante la quale il contenuto in H₂O passa dall'80 al 10-20%. I fieni si distinguono in fieni polifiti (prato naturale) e fieni di leguminose (medica, trifoglio, lupinella, sulla). I prati possono fornire tre tagli se asciutti e 5 se irrigui, di cui i primi 4 affienabili.

L'epoca più conveniente di sfalcio corrisponde al principio della fioritura delle specie foraggere più diffuse e va detto che lo sfalcio può essere ritardato nei climi umidi, ma deve essere anticipato in quelli aridi.

Le caratteristiche di un buon fieno sono:

- composizione botanica, deve essere rappresentata soprattutto da graminacee e leguminose, mentre le altre famiglie non dovrebbero essere più del 15% in peso;
- rapporto tra foglie e steli: la qualità è maggiore quando il contenuto in foglie, rispetto a quello degli steli, è elevato;
- colore: deve essere verde chiaro, mentre un colore giallastro paglierino indica che il fieno deriva da erbe mature o dilavate;
- odore: deve essere gradevole e più o meno aromatico;

- assenza di muffe.

9.9.1. Disidratazione artificiale dell'erba

L'essiccazione artificiale dell'erba, ed in particolare della medica, va assumendo notevole importanza in diversi paesi. L'erba da destinare alla disidratazione deve provenire da leguminose, essere giovane (25-30 cm di altezza) e ricca di foglie in modo da avere un optimum di proteine, caroteni e vitamine. La composizione media di una tale erba disidratata è: umidità 7-9%, proteina grezza 18-24%, estrattivi inazotati 38-41%, ceneri 10-12,5% e, comunque, per essere di buona qualità non deve contenere meno del 20% di protidi e più del 22% di fibra. Il disidratatore impiegato deve consentire una rapida evaporazione dell'acqua dai tessuti vegetali, in modo che la T delle foglie e degli steli non superi un livello oltre il quale si verificano fenomeni di denaturazione delle proteine e di altri composti nutritivi. Le farine delle erbe disidratate vengono largamente impiegate nella preparazione di miscele bilanciate per il loro utile apporto in caroteni, calcio, vitamine del complesso B e microelementi minerali.

Una certa ossidazione dei caroteni può verificarsi specialmente quando il foraggio secco, durante lunghi periodi di conservazione, è esposto alla luce e all'aria; la farina di erba disidratata può perdere fino a metà del suo contenuto in caroteni in 7 mesi di conservazione. Una farina di ottima qualità può avere un contenuto in caroteni di circa 250 mg/kg SS, ma in condizioni eccezionali può raggiungere anche i 450 mg/kg. Poiché la irradiazione degli steroli non può avere luogo durante il rapido processo di disidratazione artificiale, il contenuto in vitamina D di questi foraggi è molto basso. Oggi, il foraggio disidratato oltre che nei polli e nei suini viene impiegato anche nei ruminanti in sostituzione di concentrati proteici e cereali, somministrati con insilati o fieno. L'associazione insilato - erba disidratata consente un netto aumento della ingestione di sostanza secca. La digeribilità apparente delle proteine grezze subisce una modesta riduzione con la disidratazione ma questo svantaggio viene compensato dal maggior apporto in aminoacidi all'animale, in quanto è maggiore la quota di proteina del foraggio disidratato che sfugge alla degradazione dei microrganismi ruminali e che viene quindi digerita a livello intestinale. In recenti ricerche condotte sugli ovini, la proporzione dell'azoto aminoacidico totale ingerito, che è risultata apparentemente assorbita a livello del piccolo intestino, è stata dello 0,41 per il foraggio fresco e dello 0,51 per quello disidratato. Considerando che con la conservazione si hanno perdite notevoli in caroteni, xantofille e vitamina E a seguito di processi ossidativi, in passato il foraggio stesso veniva conservato in celle frigorifere mentre oggi i processi ossidativi vengono ridotti conservando il prodotto sotto gas inerti; molte industrie, anche per proteggere il foraggio quando viene tolto dai gas inerti, aggiungono ai foraggi disidratati degli antiossidanti.

Dopo l'essiccamento il foraggio è trattato in modo diverso, secondo gli animali cui è destinato. Per suini e polli, esso viene, di norma, macinato e poi immagazzinato, come farina o come *pellet*; per i ruminanti, il foraggio disidratato può essere usato come foraggio lungo o più comunemente compresso in forme diverse, come *pellet* o come pallottole dette *wafer*. Un *pellet* è un agglomerato ottenuto con una pressa rotante (pellettatrice) che trasforma il foraggio macinato in formelle di varie dimensioni, in funzione della filiera usata; il *wafer* è, invece, prodotto a partire da foraggio disidratato trinciato, che viene appallottolato.

CAP. X. PRODOTTI COMPLEMENTARI DEI FORAGGI E SOTTOPRODOTTI ALIMENTARI

In generale, si tratta di alimenti fibrosi, poveri di proteine e di valore nutritivo sensibilmente inferiore a quello dei fieni di media qualità.

Paglie di cereali

Oltre a servire da lettiera, sono impiegate, più o meno largamente, nell'alimentazione dei bovini, ovini ed equini, come razione di mantenimento. Il valore nutritivo è di 17-21 U.F./q per la paglia di grano, 25-30 U.F per quella d'avena e 15-22 per la paglia di orzo. La paglia può essere somministrata da sola o integrata con azoto (urea) e sali minerali; in quest'ultimo caso il valore nutritivo è pressappoco raddoppiato.

La paglia possiede una scarsa capacità nutritiva allo stato tal quale a causa del contenuto elevato di lignina e lignocellulosa; in genere contiene l'80-85% di S.S. di pareti cellulari di cui il 39-40% costituito da cellulosa, il 22-33% da emicellulosa, il 6-15% da lignina e il 3-8% da silice. Il tenore proteico è irrisorio (2-3%) così come la digeribilità la quale dipende essenzialmente da:

- a) cause intrinseche della paglia (specie vegetale, varietà, metodi di raccolta);
- b) sistemi di somministrazione al bestiame;
- c) metodiche di trattamento della paglia (industriali e non).

La paglia può essere somministrata da sola o integrata con azoto (urea) e sali minerali; in quest'ultimo caso il valore nutritivo è pressappoco raddoppiato.

La digeribilità ed il valore nutritivo della paglia possono essere, notevolmente, aumentati trattando la stessa con metodi fisici, chimici e biologici.

Residui della coltivazione del granturco: gli stocchi, cime e foglie, cartocci e tutoli sono largamente impiegati nell'alimentazione dei bovini. In genere conviene trinciarli, sfibrarli e insilarli con l'aggiunta di 300 g/qlc di acido formico ed eventualmente urea (200 g/qlc).

Paglie di leguminose: le paglie delle leguminose da granella sono piuttosto grossolane, ma possono essere utilizzate come alimenti per il bestiame purché trinciate e inumidite. Rispetto alle paglie dei cereali, sono più ricche in proteina grezza e più povere di celluloso.

Loppe e pule: le loppe di frumento e avena hanno un valore nutritivo pressoché uguale a quello di un fieno scadente (23-30 U.F./qlc); paragonabili ad un fieno polifita di media qualità sono invece le loppe di medica e trifoglio (protidi digeribili 6-7%, U.F. 45-47/qlc).

Foglie di alberi e residui di potatura

Le foglie di albero in genere contengono il 55-65% d'umidità, il 4,5-12% di protidi, il 14-22% di fibra grezza, 45-70% di estrattivi inazotati. Il valore nutritivo varia tra 14 (lentisco) e 74 (ornello) U.F/qlc. Molto appetibili agli animali sono le foglie di gelso, olmo. Le foglie di castagno, carpino, faggio contengono tannini quindi possono provocare fenomeni di stitichezza. In genere, le foglie vanno raccolte, al massimo, entro settembre in quanto già prima di ingiallire perdono parte delle sostanze nutritive digeribili. Le foglie di vite, pur essendo appetibili dagli animali, bisogna somministrarle con cautela per la presenza di insetticidi e/o anticrittogamici. Della vite possono essere utilizzati anche i sarmenti che, vanno però sfibrati e

macinati. Per gli animali da lavoro e per gli ovini nell'Italia centro-meridionale sono utilizzate le foglie e le frasche di olivo.

Foglie, colletti e polpe fresche di bietola

Le foglie ed i colletti forniscono circa 12 U.F./qle. Possono causare degli inconvenienti quali diarrea, conferimento di odore e sapore sgradevole al latte, demineralizzazione. Le polpe di bietola presentano gli stessi inconvenienti delle foglie e dei colletti; per lo più sono insilate. Le cime di barbabietola sia da foraggio sia da zucchero bisogna somministrarle con cautela agli animali in quanto possono indurre diarrea, altri disturbi e raramente anche la morte degli animali. Il rischio sembra ridursi se le foglie si lasciano appassire. Gli effetti tossici sono stati attribuiti all'acido ossalico ed ai suoi sali, i cui tenori si riducono con l'essiccamento. Studi più recenti indicano che gli ossalati non si riducono con l'appassimento e ciò indica che sono altre le sostanze incriminate e che, invece, con l'appassimento si riducono.

Radici

Principali caratteristiche delle radici sono l'elevato contenuto in acqua (75-94%) ed il basso contenuto in fibra grezza (4-13%). La sostanza organica delle radici è formata soprattutto da zuccheri ed è altamente digeribile (80-87%). Le radici sono normalmente povere in proteina grezza. La composizione è in parte condizionata dalla stagione così, ad esempio, il contenuto in SS è maggiore nelle radici prodotte durante le stagioni calde e siccitose rispetto a quelle coltivate durante la stagione fredda e umida. Anche la dimensione della radice ha la sua influenza sulla composizione, infatti, quelle grosse contengono meno SS e fibra grezza e sono più digeribili che quelle piccole. In passato, le radici erano considerate come un'alternativa agli insilati nell'alimentazione dei ruminanti mentre, oggi si ritiene che possano sostituire anche i cereali. Le radici sono modeste fonti di vitamine ad eccezione delle carote che sono ricche di betacarotene, la provitamina A. Fra esse, ricordiamo la rutabaga, le rape, le barbabietole da foraggio, semizuccherine e da zucchero.

Le **barbabietole, sia da foraggio sia semizuccherine e da zucchero**, appartengono tutte alla specie *Beta vulgaris* e per comodità sono in genere classificate secondo il loro contenuto in sostanza secca. Le barbabietole da foraggio sono quelle che contengono meno sostanza secca (90 -120 g/kg in quelle a basso contenuto e 120-150 in quelle a medio contenuto), meno zuccheri ma più proteine al contrario delle barbabietole da zucchero che sono più ricche in zuccheri (soprattutto saccarosio) e in sostanza secca ma più povere in proteine; le barbabietole semizuccherine rappresentano la via di mezzo. I valori in EM calcolati sulla sostanza secca variano da circa 12 a 14 MJ/Kg e quelli più alti riguardano la barbabietola da zucchero.

Normalmente, le barbabietole da foraggio dopo essere state raccolte sono immagazzinate per alcune settimane, in quanto se somministrate appena raccolte possono esercitare un certo effetto purgativo il quale è dovuto alla presenza di nitrati che, durante la conservazione vengono convertiti in asparagina. Diversamente dalle rape, le barbabietole da foraggio non alterano la qualità del latte quando somministrate alle lattifere.

Le barbabietole semizuccherine a medio tenore in s.s. contengono da 140 a 180 g/kg di sostanza secca, mentre le varietà ad alto contenuto in S.S. possono contenerne fino a 220 g/kg. E' necessario adottare precauzioni nell'alimentazione dei bovini con barbabietole semizuccherine ad alto tenore in s.s. in quanto un loro eccessivo consumo può causare disturbi dell'apparato digerente, ipocalcemia e anche la morte

degli animali. I disturbi probabilmente sono legati all'elevato contenuto in zuccheri di queste radici. Nell'alimentazione dei suini invece le barbabietole semizuccherine in elevate concentrazioni nella razione danno soddisfacenti risultati, ma il periodo di ingrasso è più lungo che con l'uso di barbabietole da zucchero. La digeribilità della sostanza organica delle barbabietole semizuccherine è molto elevata, circa il 90%.

La barbabietola da zucchero, generalmente, è coltivata per la produzione industriale dello zucchero ma a volte è utilizzata nell'alimentazione soprattutto delle vacche e dei suini. Dopo l'estrazione dello zucchero si ottengono due sottoprodotti:

a) polpe di barbabietola: dopo l'estrazione dello zucchero rimane un residuo chiamato polpa di barbabietola; il contenuto in acqua di questo sottoprodotto è di circa l'80-85% e le polpe possono essere vendute fresche per l'alimentazione di animali in produzione zootecnica o più frequentemente, causa le difficoltà di trasporto, esse sono essiccate fino a far scendere il contenuto in acqua al 10%. Poiché il processo di estrazione asporta i principi alimentari solubili in acqua, il residuo secco risulta principalmente costituito da polisaccaridi delle pareti cellulari e quindi il tenore in fibra è relativamente elevato (20%), il contenuto in proteina grezza (10%) e in fosforo è basso. A causa dell'elevato contenuto in fibra non vengono, di norma, utilizzate nell'alimentazione dei polli e dei suini ma in larga misura nei bovini e ovini all'ingrasso e soprattutto nelle lattifere;

b) melasso di barbabietola: dopo la cristallizzazione e la separazione dello zucchero dall'estratto acquoso, rimane un liquido denso, nerastro, chiamato melasso il quale contiene il 70-75% di s.s. della quale circa il 70% è rappresentata da zuccheri. La sostanza secca del melasso contiene solo il 2-4% di proteine grezze e la maggior parte di queste si trova sotto forma di composti di azoto non proteico, ivi inclusa un'ammina, la betaina, che è responsabile dell'odore di pesce che si libera nel corso dell'estrazione. Il melasso è un alimento con azione lassativa e quindi è somministrato in piccole quantità. Di norma è aggiunto alle polpe di bietola e in questo caso esse sono chiamate polpe di barbabietola secche melassate. Fra i prodotti utilizzati per assorbire melasso sono segnalati la crusca, le trebbie di birra, gli embrioni di malto, il luppolo esaurito. Il melasso, generalmente, è impiegato in misura del 5-10% nella preparazione dei mangimi pellettati; esso non solo migliora il sapore del prodotto aumentandone l'appetibilità ma agisce anche da agente legante. Peraltro, visto che rappresenta una fonte ricca, relativamente economica, di zuccheri solubili, il melasso viene a volte usato come additivo nella produzione di insilati.

Tuberi

I tuberi differiscono dalle radici in quanto contengono amido o fruttosani, anziché saccarosio o glucosio, quale principale carboidrato immagazzinato. Il loro contenuto in sostanza secca è più elevato ed è più basso il tenore in fibra grezza perciò si adattano meglio per l'alimentazione dei polli e dei suini.

Patate - Il principale componente delle patate è l'amido (70% sulla S.S.) il quale è presente sotto forma di granuli che variano di dimensioni secondo la varietà. Il contenuto in zuccheri delle patate, appena raccolte, raramente supera i 50 g/kg di S.S. mentre, in quelle immagazzinate i valori sono superiori; il contenuto è influenzato dalla temperatura del magazzino: valori particolarmente alti (300 g/kg S.S.) sono stati trovati in patate conservate a -1 °C. Lo zucchero, a sua volta, può essere ossidato con produzione di anidride carbonica durante la respirazione; l'attività respiratoria aumenta con la temperatura. Il contenuto in proteine grezze è di circa l'11% sulla S.S., ma circa la metà di queste vi figura sotto forma di composti azotati non proteici. Uno di questi composti è l'alcaloide solanidina che si trova libera o

anche in combinazione come glucoside, quali la solanina e la caconina. La solanidina ed i suoi derivati sono tossici per gli animali e provocano forme di gastroenteriti. Il livello di alcaloide può essere alto in patate esposte alla luce le quali si presentano verdi per la produzione di clorofilla. I tuberi verdi dovrebbero quindi essere usati con prudenza, anche se la rimozione delle gemme e della buccia, nella quale è concentrata la solanidina, ne riduce la tossicità. Peraltro, la solanidina è più concentrata nei tuberi immaturi rispetto a quelli maturi. Il rischio di tossicità può essere, inoltre, ridotto cuocendo le patate a vapore o in acqua; in quest'ultimo caso, l'acqua dove sono stati cotti i tuberi non va somministrata agli animali. Nei suini, la digeribilità delle proteine delle patate con la cottura passa da circa il 23% al 70%; ciò sarebbe dovuto alla presenza di un inibitore termolabile delle proteasi nelle patate crude che sarebbe distrutto con la cottura. La cottura è necessaria nei suini e nei polli ma non nei ruminanti dove, probabilmente, il fattore inibitore delle proteasi è distrutto a livello ruminale. Per i suini e i polli il valore in EM delle patate cotte è analogo a quello del mais, circa 14-15 MJ/kg S.S.

Le patate sono povere in elementi minerali, ad eccezione del potassio che vi abbonda e relativamente elevato è anche il contenuto in fosforo il quale è parte integrante della molecola di amido e per il 20% si trova sotto forma di fitati.

Le patate possono essere conservate allo stato fresco o essiccate: le patate cotte sono passate attraverso rulli riscaldati per produrre fiocchi di patate essiccate oppure i tuberi affettati sono essiccati direttamente in corrente d'aria e successivamente sono ridotti in farina.

Manioca - è un arbusto perenne, tropicale, che produce tuberi alla base del fusto i quali sono usati per la produzione di fecola, la tapioca, per l'alimentazione umana, ma sono anche usati per l'alimentazione di bovini, suini e polli. Il contenuto in EM è simile a quello delle patate mentre risulta più elevato il contenuto in sostanza secca e più basso quello in proteine grezze. Sia la pianta sia i tuberi di manioca in un certo senso sono velenosi in quanto contengono due glucosidi cianogenetici (la linamarina e la lotoustralina) che si scindono rapidamente liberando acido cianidrico. Per ridurre gli effetti dannosi si ricorre alla bollitura oppure i tuberi sono grattugiati e spremuti o macinati e la polvere ottenuta è poi pressata. La farina è impiegata in parziale sostituzione dei grani di cereali, con l'avvertenza di correggere il deficit proteico che ne deriva. Dopo l'estrazione dell'amido dalla manioca rimane un elevato contenuto in fibra grezza (27% su S.S.) che va usato in misura limitata nei monogastrici

Sottoprodotti dell'orzo

Per la produzione della birra, l'orzo è bagnato e fatto germinare e durante questo processo che dura circa 6 giorni, si ha lo sviluppo di un sistema enzimatico (diastasi o amilasi) capace di idrolizzare l'amido a destrine e maltosio, le reazioni enzimatiche, comunque, sono maggiori in una fase successiva detta *mashing* la quale serve a realizzare le condizioni favorevoli all'azione degli enzimi sulle proteine e sull'amido. Prima del *mashing* i grani sono essiccati avendo cura di non inattivare gli enzimi e il prodotto così ottenuto è detto malto; le radichette e i germi sono rimossi dal malto e sono venduti come:

germi o embrioni di malto, i quali contengono il 27% di proteine, sono impiegati prevalentemente nei ruminanti e negli equini in quanto hanno un elevato contenuto in fibra grezza e non hanno un elevato contenuto energetico. Gli embrioni di malto assorbono rapidamente acqua e ad evitare che si gonfino nello stomaco sono inumiditi abbondantemente prima di somministrarli agli animali; inoltre essi hanno

sapore amarognolo e quindi razioni che ne contengono elevate quantità risultano poco appetite agli animali.

Il malto è frantumato e vi sono aggiunte piccole quantità di altri cereali quali mais e riso; la miscela è trattata con acqua e la temperatura del mash aumenta fino a 65 °C. Con il mashing l'amido è convertito a destrine e maltosio e piccole quantità di altri zuccheri. Dopo che il processo mashing è completato il liquido zuccherino o mosto di malto è separato per filtrazione dai residui insolubili, che prendono il nome di:

- **trebbie di birra**, le quali se fresche contengono il 70-76% di acqua e possono essere somministrate a bovini, ovini, cavalli o in alternativa essere insilate. Esse possono essere essiccate (10% di umidità) e vendute come trebbie secche. La degradabilità delle proteine delle trebbie, a livello ruminale è di 0,6 contro lo 0,8 delle proteine dell'orzo.

Successivamente, il mosto di malto è bollito con luppolo che gli conferisce il caratteristico aroma; poi è filtrato, ottenendone un residuo che è essiccato e venduto come:

- **luppolo esaurito**, esso è un prodotto fibroso che può essere paragonato ad un fieno di qualità mediocre rispetto al quale è meno appetibile forse perché amarognolo e più che per l'alimentazione del bestiame è utilizzato come fertilizzante.

Il mosto di malto è fatto fermentare con l'aggiunta di lievito in un recipiente aperto e per alcuni giorni durante i quali la maggior parte degli zuccheri è trasformata in alcol e anidride carbonica. A fermentazione avvenuta, il lievito è separato per filtrazione, essiccato e venduto come:

- **lievito di birra essiccato**, il quale contiene circa il 42% di proteine, è altamente digeribile e può essere utilizzato per tutte le categorie di animali. Inoltre, esso è un'importante fonte di vitamine del gruppo B, è relativamente ricco in fosforo ma povero di calcio.

In distilleria, i materiali solubili possono essere estratti, come avviene nella fabbricazione della birra oppure l'intera massa è sottoposta a fermentazione; l'alcol è poi separato per distillazione; dopo filtrazione, il materiale che rimane è venduto come borlande fresche o secche.

Altri sottoprodotti: pastazzo di agrumi, vinacce, sanse di oliva.

CAP. XI. MANGIMI CONCENTRATI

Sono caratterizzati da un alto contenuto in sostanze nutritive digeribili, un basso contenuto in fibra grezza e da un valore nutritivo pari o maggiore a quello dei foraggi migliori. Sono richiesti soprattutto per gli animali che necessitano di razioni con valore nutritivo elevato (animali in accrescimento, lattifere). I concentrati possono essere di origine vegetale (cereali, leguminose da granella, semi di altre piante, residui della lavorazione del riso, residui dell'estrazione dell'olio di semi oleosi, residui dello zuccherificio, residui di altre industrie) e animale (residui dell'industria lattiero-casearia, residui delle industrie delle carni e del pesce, altri prodotti).

11.1 Mangimi di origine vegetale

Cereali

Essi hanno un valore nutritivo compreso tra 80-115 U.F./qle, un contenuto proteico tra 8-12%, un basso contenuto in fibra grezza (2-5%) e sono ricchi in estrattivi inazotati (60-70%). Sono poveri in calcio (< 0,1%), ma ricchi in fosforo (0,3-0,4%). Le proteine dei cereali sono carenti di metionina, lisina, triptofano. I cereali, ad eccezione della granella di mais giallo, sono privi di vitamina D e di caroteni. Sono relativamente ricchi di tiamina (vitamina B₁), ma poveri di riboflavina (vitamina B₂); il contenuto in niacina è elevato nell'orzo e nel frumento e scarso negli altri cereali. Quanto detto vale per le farine integrali dato che le vitamine si trovano nella porzione esterna del seme, che costituisce le crusche e i cruschelli.

Trattamenti intesi ad aumentare il valore nutritivo dei cereali

Le cariossidi possono essere somministrate allo stato secco oppure umido. Generalmente, quelle secche sono sottoposte ad una serie di trattamenti chimico-fisici (macinazione, schiacciatura, fiocatura, estrusione, cottura, micronizzazione, imbibizione) per aumentarne l'appetibilità, la digeribilità e quindi il valore nutritivo. Le diverse tecniche possono essere raggruppate in due tipi fondamentali: processi a caldo, nei quali si ha impiego di calore o il calore si genera nel corso del trattamento e processi a freddo nei quali la temperatura della granella non subisce variazioni significative. Fra i processi a caldo figurano la fiocatura, la micronizzazione, la tostatura e la pellettatura a caldo.

La **fiocatura** aumenta la digeribilità in maniera considerevole (8-12%); si ottiene esponendo le cariossidi al vapore per circa 10 minuti (gelatinizzazione dell'amido che diviene più solubile e quindi più digeribile) e nel successivo schiacciamento fino allo spessore di circa 1 mm (aumenta la superficie di attacco enzimatico). Essa è usata spesso per i semi di mais i quali sono prima sottoposti all'azione del vapore, poi passati attraverso rulli, riscaldati o non, per produrre fiocchi sottili, che sono successivamente raffreddati ed essiccati. I fiocchi di mais sono considerati più graditi agli animali e dimostrano coefficienti di digeribilità superiori a quelli della granella. Il trattamento a vapore e la fiocatura fanno aumentare la proporzione di acido propionico fra gli acidi grassi volatili che si formano nel rumine.

La **micronizzazione** è un processo che indica un modo di cottura mediante raggi infrarossi (prodotti da ceramiche refrattarie scaldate); le granelle sono poi schiacciate fra rulli e quindi raffreddate; in questo processo, i granuli di amido si gonfiano, si rompono e gelatinizzano rendendosi più sensibili all'attacco enzimatico a livello intestinale.

La **pellettatura a caldo**, almeno nei polli, sembra offrire migliori risultati rispetto a quella a freddo, infatti, si osservano migliori incrementi ponderali e indici di utilizzazione dell'alimento.

Fra i processi a freddo risultano la macinazione, la rullatura, la schiacciatura, la pellettatura a freddo e l'aggiunta di acidi organici o di alcali.

La **macinazione** aumenta l'efficienza di masticazione nei bovini e nei suini e facilita la mescolanza con altre sostanze alimentari; la superficie esposta all'attacco degli enzimi aumenta con il grado di finezza delle farine determinando, entro certi limiti (2,5-3 mm), una maggiore digeribilità.

Gli acidi organici, soprattutto **l'acido propionico**, sono a volte aggiunti alle granelle molto umide in veste di inibitori delle muffe. Alcuni Fusarium sono spesso presenti sulla granella ammuffita ed è noto che questi funghi producono metaboliti, come lo zearalenone, che nei suini possono causare vulvo-vaginiti e una sindrome caratterizzata da incoordinazione dei movimenti e zoppicature. Il trattamento con idrato di sodio recentemente è stato proposto come alternativa al trattamento meccanico (rullatura) dei semi di cereali e ha lo scopo di ammorbidire gli invogli esterni, senza esporre l'endosperma ad una rapida fermentazione ruminale; attualmente i risultati non sono soddisfacenti anche perché la digeribilità sembra abbassarsi. Il ricorso a questi trattamenti, comunque, non sempre risulta necessario, soprattutto quando le cariossidi sono destinate ad alcune categorie di ruminanti (vitelli in svezzamento, bovini all'ingrasso dove le cariossidi macinate o fioccate sarebbero fermentate quasi esclusivamente a livello ruminale provocando, oltre ad una perdita di energia, l'ispessimento della parete ruminale con la conseguente riduzione della sua funzionalità assorbitiva. Con la somministrazione delle granelle intere diminuisce l'intensità delle fermentazioni ruminali il che insieme all'azione meccanica della forma fisica (effetto foraggio), favorisce un regolare sviluppo del rumine nei vitelli in svezzamento e un'attività microbica che facilita l'assorbimento degli acidi grassi volatili attraverso la parete ruminale. Peraltro, una parte dell'amido non utilizzato nel rumine sarebbe digerita, senza perdite di energia, a livello del duodeno ad opera dell' α -amilasi.

I cereali di più largo consumo sono:

- mais: è insostituibile soprattutto negli animali da ingrasso, il suo valore nutritivo è compreso tra 105-112 U.F./qle. Benché sia un'eccellente fonte di energia digeribile, esso è povero di proteine (9-14% su S.S.) e le sue proteine hanno un basso valore biologico. Le principali proteine sono:

a) la zeina, è la più importante ma è carente negli aminoacidi essenziali triptofano e lisina,

b) la glutelina, si trova in minor quantità, nell'endosperma e nel germe, e rappresenta una migliore fonte dei due aminoacidi. Recentemente è stata prodotta una nuova varietà, l'Opaque-2, che si caratterizza per un maggior contenuto in lisina e un diverso rapporto zeina:glutelina rispetto alle varietà normali. L'Opaque-2 ha un maggior valore alimentare per i suini, uomo e pulcini ma solo nelle diete ricche in metionina. Un'altra varietà, la Floury-2 contiene una maggiore quantità sia di lisina sia di metionina.

Sotto l'aspetto mangimistico distinguiamo:

a) mais tipo yellow a seme dentato ed endosperma farinoso (66% di amido) preferito per l'alimentazione dei bovini e suini all'ingrasso;

b) mais tipo Plata a cariossidi poco dentate e fratture semivitree; è consigliato per il pollame;

c) mais tipo Marano a cariosside non dentata e frattura vitrea; questo tipo è l'ideale per l'alimentazione delle ovaiole e dei polli in quanto è molto ricco in xantofille che passano nel tuorlo delle uova e nel grasso sottocutaneo dei polli.

- orzo: il suo valore nutritivo è stato preso come unità di misura nel metodo scandinavo, perciò 1 qle di orzo corrisponde a 100 U.F., ma nelle migliori qualità può salire a 104-106 U.F.. Il valore in energia metabolizzabile (MJ/kg S.S.) è di circa 13 per i ruminanti, 13,7 per i suini e 12,5 per i polli.

La sua somministrazione produce un miglioramento nello stato di nutrizione degli animali. Oltre che essere considerato un alimento rinfrescante, nei suini migliora la qualità del lardo e della carcassa.

Il contenuto in proteine grezze della granella è varia dal 6 al 16% sulla S.S. ed esse sono carenti dell'aminoacido lisina. Il contenuto lipidico in genere è inferiore a 25 g/kg S.S. Viene usato soprattutto nei bovini da carne, vecchie lattifere, suini da allevamento o da ingrasso, nonché nei cavalli. Nel sistema di alimentazione per i bovini, detto *barley beef*, i vitelli sono ingrassati con razioni che contengono circa l'85% di orzo schiacciato e nelle quali sono esclusi i foraggi. In questo sistema l'orzo è trattato in modo tale che la spata rimanga intatta e l'endosperma sia esposto; i risultati migliori si ottengono facendo passare la granella fra due rulli con un contenuto di umidità del 16-18%. La conservazione dell'orzo con elevata umidità può causare la formazione di muffe e allora è necessario conservarlo in condizioni anaerobiche o trattandolo con degli inibitori delle muffe, come l'acido propionico. Alimentando i ruminanti con diete ad alto contenuto in concentrati si possono correre dei rischi, come il meteorismo; per ciò è necessario abituare gradualmente gli animali a questo tipo di alimentazione. Inoltre, le diete ad elevatissimo contenuto in cereali devono essere integrate con vitamina A e D e con minerali. L'orzo prima di somministrarlo ai polli deve essere privato delle ariste per evitare disturbi digestivi.

- avena: è un alimento tradizionale dei cavalli, ma è utilizzato largamente negli altri animali (da allevamento, giovani riproduttori maschi). Ha la proprietà di stimolare il tono neuro-muscolare, probabilmente dovuta al valore biologico della proteina rispetto agli altri cereali (78%) e/o al maggior contenuto in fosforo (0,33-0,35%). Fornisce 80-90 U.F. che possono salire a 115 nei fiocchi di avena.

- sorgo: rispetto agli altri cereali è meno apprezzato perché il tegumento è ricco di tannini e per la minore appetibilità. E' utilizzato maggiormente nei bovini e nei suini da ingrasso, di meno nelle ovaiole a causa della sua carenza di carotenoidi pigmentati. Sembra che alcune varietà contengano una sostanza capace di ritardare l'impiumamento e l'accrescimento dei pulcini, predisponendoli al cannibalismo.

- frumento: quando vi sia la convenienza economica può sostituire il mais e l'orzo; ha un valore nutritivo di 103 U.F./qle.

- segale: è usata soprattutto nei paesi dell'Est.

Semi di leguminose

I semi di leguminose, rispetto a quelli di cereali, sono più ricchi in proteine (20-38%), calcio (0,10-0,15%) e fosforo (0,3-0,5%) e sono più poveri in estrattivi inazotati (35-50%) e fibra grezza (5-8%). Fra essi ricordiamo soprattutto:

- fave: contengono il 20-25% di protidi grezzi con un ottimo livello di lisina e metionina. Il valore nutritivo è 100-102 U.F./qle. Sono un ottimo alimento per il bestiame giovane e per i riproduttori.

Non devono essere usate in dosi troppo elevate perché causano disturbi digerenti; alle lattifere non bisogna somministrare più di 1-2 kg il giorno per non alterare il sapore del latte.

- **veccia**: ha un valore nutritivo pressoché uguale a quello delle fave. E' poco consigliata nei suini perché può causare inconvenienti (indigestioni, dermatiti) e nei cavalli dove si può avere una sindrome tossica (latirismo).
- **lupini**: contengono molti protidi (32-40%), ma sono poco appetiti perché amarognoli; spesso possono causare intossicazioni dovute alla lupaina (alcaloide) e alterano il sapore del latte e del burro.

Semi diversi:

- **carrube**. Più che i semi sono usate le silique. Allo stato secco contengono estrattivi inazotati (70%), proteine (6%), fibra grezza (9%). Spesso sono impiegate per rendere appetibili altri alimenti. Si usano soprattutto negli equini e nelle vacche da lavoro. Il valore nutritivo è di 92-95 U.F./qle.
- **ghiande**. Le ghiande di quercia, farnia, cerro e leccio sono ottime per l'ingrasso dei suini. Forniscono 104 U.F./qle.

Residui della macinazione dei cereali

I cruscami del frumento sono distinti in crusca, cruschetto, tritello e farinetta. In genere contengono il 13-16% di protidi grezzi, 52-63% di estrattivi inazotati e 5-10% di fibra.

Sono ricchi in vitamine del gruppo B (tiamina, nicotamide, acido pantotenico, colina) e in fosforo. Il valore nutritivo è 75-80 U.F. per la crusca, 80-82 per il cruschetto, 97 per il tritello e 98 per le farinette. La crusca è il mangime più usato per i bovini in quanto è molto appetibile ed ha azione dietetica lassativa. E' somministrata soprattutto agli animali giovani e a quelli in lattazione. Negli equini lunghe somministrazioni possono causare calcoli intestinali e una sindrome morbosa a carico delle ossa, dovuta allo squilibrio tra P e Ca. I suini in fase di ingrasso la crusca la digeriscono e utilizzano poco.

Il cruschetto, rispetto alla crusca, è più ricco in protidi (15-16%) ed ha un migliore equilibrio Ca/P. E' preferibile usarlo negli animali giovani e dopo lo svezzamento.

Il tritello contiene dal 14 al 17% di protidi grezzi ed il 54-58% di estrattivi inazotati; mentre le farinette sono meno ricche di proteine grezze (13,5-14,5%). Questi due cruscami vanno molto bene nelle miscele di svezzamento e di ingrasso.

Residui della lavorazione del riso

Sono rappresentati da:

- **lolla**: è priva di valore nutritivo in quanto contiene molta fibra (40-42%) e ceneri ricche di silice;
- **pula**: è molto ricca in fosforo (1,8%) e vitamine del complesso B ed ha un valore nutritivo di 75-80 U.F.. Il suo impiego è indicato per i bovini e gli equini, ma non per i suini all'ingrasso;
- **farinaccio di riso**: fornisce 95-105 U.F.; essendo più ricco di amido rispetto alla pula si presta bene per le miscele da destinare agli animali all'ingrasso;
- **granoverde e risina**: forniscono rispettivamente 103 e 106 U.F./qle; vanno bene soprattutto come becchime per i polli.

Residui dell'estrazione dell'olio dai semi oleosi

I principali procedimenti usati per l'estrazione dell'olio sono due: il primo impiega la pressione, il secondo usa un solvente organico, normalmente l'esano e in alcuni casi il tricloroetilene per sciogliere l'olio presente nei semi. Alcuni semi (arachide, cotone, girasole) presentano un guscio, ricco di fibra, di bassa digeribilità, che ne diminuisce il valore nutritivo. Il guscio può essere totalmente o parzialmente

rimosso mediante frantumazione e setacciatura, in altre parole attraverso il processo di decorticazione. I semi destinati all'estrazione dell'olio sono frantumati e schiacciati per produrre scaglie con uno spessore di circa 0,25 mm che sono sottoposte a cottura, alla temperatura di 104 °C per 15-20 minuti. La temperatura poi è elevata fino a 110-115 °C finché il contenuto in acqua è ridotto a circa il 3%. Il materiale poi è passato attraverso un cilindro orizzontale perforato nel quale ruota una struttura a vite di passo variabile; si ottengono pressioni fino a 40 MN/m². Ciò che residua dopo la pressione esercitata dalla vite ha un contenuto in olio che oscilla tra il 2,5 e 4%. Le presse cilindriche utilizzate sono chiamate *expeller* e il metodo di estrazione è detto processo *expeller*. Solo il materiale che ha un contenuto in olio inferiore al 35% è adatto per l'estrazione con solventi, se, invece, il contenuto è maggiore è necessario sottoporre prima il materiale a pressione per ridurre il contenuto in olio.

Il materiale prima deve essere ridotto a scaglie e poi o si fa passare il solvente attraverso le scaglie o queste sono immerse nel solvente e il prodotto che ne deriva, in genere, ha un contenuto lipidico inferiore all'1% e contiene residui del solvente che possono essere eliminati con il riscaldamento.

Circa il 95% dell'azoto dei semi oleaginosi è presente nelle farine sotto forma di proteine. Normalmente la loro digeribilità è del 75-90% e sono di buona qualità. Il valore biologico di queste proteine è più elevato rispetto a quelle dei cereali e, per alcune di esse, si avvicina a quello delle proteine della farina di pesce o di carne. Comunque, la loro qualità è inferiore a quella delle proteine animali in quanto non hanno una composizione aminoacidica equilibrata, infatti, spesso hanno un basso contenuto in cistina, metionina e lisina. La qualità delle proteine di un determinato seme oleaginoso è relativamente costante ma è influenzata dal metodo di estrazione. Le alte temperature e pressioni adottate con il processo *expeller* abbassano la digeribilità e denaturano le proteine e quindi ne abbassano il valore nutritivo. Per i ruminanti la denaturazione può risultare positiva in quanto può provocare una riduzione della degradabilità ruminale delle proteine stesse. Le alte temperature e le pressioni possono anche esercitare un utile controllo nei riguardi di principi dannosi come il gossipolo e alcune sostanze gozzigene.

Quando l'estrazione è fatta con solventi, non entrano in gioco le alte pressioni e le temperature sono relativamente basse e, quindi, il valore proteico delle farine così ottenute è simile a quello del seme di partenza. I panelli di semi oleaginosi possono dare un notevole contributo al contenuto energetico della dieta, specie quando il loro tenore lipidico è elevato. Ciò, dipende dal procedimento impiegato: le farine di soia *expeller* possono avere un contenuto in olio del 6,6% e un contenuto in energia metabolizzabile di 14 MJ/kg S.S. mentre, le farine di soia estratte con solventi contengono l'1,7% di olio e 12,3 MJ di energia metabolizzabile per kg di sostanza secca.

Comunque, l'uso incontrollato di panelli ad elevato tasso lipidico può provocare disturbi digestivi e se l'olio è insaturo si può osservare un diminuita consistenza del burro e del grasso di deposito, nonché effetti negativi sulla qualità della carcassa. Le farine di estrazione hanno usualmente un elevato contenuto in fosforo, il che aggrava la situazione nei riguardi del contenuto in calcio, che è generalmente basso. Buono è il contenuto in vitamine del gruppo B, mentre è modesto il contenuto in caroteni e vitamina E.

Si dicono panelli i residui che provengono dalla estrazione per pressione, mentre si chiamano farine di estrazione se l'olio è stato estratto mediante solventi. Le farine contengono una percentuale di grassi (0,7-1,5%) inferiore a quella dei panelli (5-8%)

e sono meno nutritive. I panelli e le farine hanno elevato tenore in proteine (22-50%) la quale è piuttosto carente in lisina e metionina.

Essi sono mangimi di alto valore nutritivo ed a relazione nutritiva stretta perciò sono adatti a bilanciare razioni di foraggio poveri di proteine e a soddisfare le esigenze delle buone lattifere e degli animali all'ingrasso. La differenza in valore nutritivo tra i panelli e le farine è di circa 5-8 U.F. in favore dei primi. Vanno ricordati:

- pannello e farina di estrazione di soia: sia il pannello sia le farine sono mangimi eccellenti per gli animali in accrescimento in quanto sono ricchi di proteina (44-45%) ed il valore biologico di questa (glicinina) è il più elevato fra gli alimenti vegetali per la ricchezza in lisina e triptofano. Il valore biologico della soia aumenta con la cottura in quanto sono distrutti il fattore antitripsinico e altre sostanze tossiche.

- pannello e farina di arachide: è un alimento eccellente per tutti gli animali in quanto non presenta effetti negativi sulla qualità della carne e del latte e ha un elevato contenuto proteico (44-50%). Il pannello fornisce circa 105 U.F..

- pannello di lino: è impiegato nell'alimentazione delle vacche in produzione, cavalle e scrofe che allattano, animali in accrescimento. Non va somministrato ai suini e ai vitelli da carne, altrimenti sia il grasso sia il lardo risultano piuttosto teneri. Nei pulcini rallenterebbe la crescita.

- farina di cotone: la farina proveniente da semi sgusciati contiene circa il 47-50% di proteine grezze di cui il 40% digeribili e circa 92-100 U.F./qle. Non dovrebbe essere usata in dosi superiori al 15% della razione in quanto contiene un pigmento (gossipolo) che causa intossicazioni e lesioni epatiche e renali nei polli, suini e vitelli. Nei bovini adulti il fenomeno non si verifica, ma dosi eccessive causano un indurimento del burro ed un suo leggero sapore di sego. Nelle ovaiole quantità superiori al 5-7% nelle miscele causano nel tuorlo un colore olivastro con macchie di colore ruggine alla superficie.

- pannello di cocco: è povero in proteine (20%), ma la sua somministrazione favorisce la produzione di latte ricco in grasso e di burro consistente, come pure di grasso e lardo di ottima qualità.

- farina di girasole: si può usare sia la farina di semi sgusciati che interi. La prima è ricca di proteine (40-45%) e valore nutritivo (90 U.F./qle) e si presta molto bene per gli animali in accrescimento e da ingrasso. La seconda si utilizza soprattutto nei bovini adulti, comprese le lattifere.

- pannello di mais o di granone: rispetto agli altri panelli è povero in proteine (12-16%), ma ricco in estrattivi inazotati (60-62%) e povero in fibra. Contiene 98-100 U.F./qle. E' indicato per i bovini da carne, suini all'ingrasso.

- panelli e farine di colza: in media contengono il 32-33% di proteina grezza e un valore nutritivo di 83 e 88-90 U.F., rispettivamente per le farine e i panelli. Se somministrati in dosi eccessive (> 1 kg il giorno nei bovini) possono causare disturbi gastroenterici dovuti agli isotiocianati che possono essere comunque evitati se i panelli e le farine sono portati a T > 95 °C in quanto si distrugge l'enzima che causa l'idrolisi dei glucosinolati contenenti gli isotiocianati. Inoltre, i semi di colza e, quindi, le farine contengono il tioxazolidone che ha azione antitiroidea. Nei polli quantità elevate di farine (> 5-8%) conferiscono sapore sgradevole alle uova ed una sindrome emorragica al fegato.

Residui dell'industria dello zuccherificio:

- melasso: è un sottoprodotto della estrazione dello zucchero dalla barbabietola o dalla canna. E' costituito da 3,5-7% di protidi grezzi; 60-65% di estrattivi inazotati; 8-9% di ceneri.

Il valore nutritivo è di 72-74 U.F.. E' da considerarsi un alimento tipicamente energetico ed allo stesso tempo un eccellente condimento per altri mangimi e foraggi poco appetibili.

- polpe secche o fettucce di barbabietole: questo mangime è molto ricco in estrattivi inazotati (60-62%), ma povero in protidi digeribili. Ha un valore nutritivo di 85 U.F.. Oltre a rendere più appetibili gli alimenti conferisce buone qualità al lardo e al latte. Altri sottoprodotti sono il concentrato proteico di bietole che si ottiene dall'estrazione del glutammato monosodico, dal melasso e le borlande che si ottengono dal residuo della distillazione dell'alcol dal melasso.

Residui industriali di estrazione e fermentazione:

- manioca è un'euforbiacea dai cui tuberi si estrae l'amido per uso alimentare o industriale;

- farina glutinata o glutine di mais: sono i sottoprodotti principali della estrazione dell'amido dalla granella di mais privata del germe che è sottoposto all'estrazione dell'olio. La farina glutinata contiene il 20-22% di protidi grezzi, il 50-52% di estrattivi inazotati, il 7% di fibra e il 2% di grassi. Il glutine è più ricco in protidi (40-60%) ed in U.F. (104-108), inoltre è ricco in xantofille (80-160 mg/kg) perciò è consigliato nell'alimentazione dei polli.

- trebbie di birra essiccate: contengono il 21-25% di proteine; per la composizione chimica e le proprietà dietetiche possono essere paragonate alla crusca di frumento, ma sono meno appetibili. Nei bovini migliorano la qualità del latte, mentre nell'alimentazione dei suini sono poco adatte.

11.2. Mangimi di origine animale

In seguito alla BSE, la legislazione vigente non ne consente l'uso nell'alimentazione animale, salvo deroghe e speciali trattamenti.

Per lo più derivano dalla lavorazione del latte, della carne e del pesce. Oltre che per il rilevante contenuto in proteine, fosforo e calcio si distinguono per l'azione nutritiva decisamente stimolante sull'accrescimento e benefica per la fertilità dei riproduttori, deposizione delle uova, vitalità e resistenza organica dei pulcini e dei maialetti.

Queste proprietà sono conferite dall'elevato contenuto in aminoacidi essenziali, elementi minerali e vitamine del complesso B (riboflavina, acido pantotenico, colina, vitamina B₁₂).

Residui dell'industria lattiero casearia

Il latte bovino contiene circa l'87,5% di acqua e 12,5% di sostanza secca, di questa circa il 3,75% è rappresentata da grasso e la rimanente quota (residuo magro) contiene 3,3 % di proteine 4,7% di lattosio e 0,75% di ceneri. La maggior parte del grasso del latte è rappresentata da trigliceridi neutri, che si caratterizzano per avere un alto contenuto in acidi grassi a breve catena carboniosa e che rappresentano un'ottima fonte energetica. Il loro valore calorico è circa 2,25 volte superiore a quello del lattosio.

Circa il 5% dell'azoto non è proteico e il 78% dell'azoto totale presente è sotto forma di caseina che è la principale proteina del latte ed ha un elevato valore nutritivo; peraltro è leggermente scarsa in aminoacidi solforati, cistina e metionina; comunque, questi aminoacidi abbondano nella β -lattoglobulina e per questo il valore biologico

del latte si aggira intorno a 0,85. Quando la polvere di latte si usa in sostituzione della farina di carne o di pesce la dieta va integrata con sali inorganici, soprattutto calcio e fosforo e va tenuto presente che le ceneri del latte hanno un basso contenuto di magnesio e sono quasi assenti di ferro. Il latte è ricco in vitamina A, riboflavina, tiamina ma è scarso in vitamina D ed E e vitamina B₁₂. Fra i sottoprodotti del latte ricordiamo:

a) **latte magro e latticello**: possiedono rispettivamente lo 0,1 e 0,4-0,5% di grasso. Oltre che di grasso sono carenti in vitamine liposolubili (A, tocoferoli, caroteni). Contengono 14-15 U.F./qle e la loro energia lorda è di circa 1,5 MJ/kg in confronto ai 3,1 MJ/kg del latte intero. Per i suini il latte magro è impiegato allo stato liquido in dose di 3-6 kg/giorno oppure ad libitum (se il prezzo è conveniente) e i suini riescono a consumarne fino a 20-24 litri il giorno insieme a circa 1 kg di farina. Queste dosi possono provocare diarrea se non si usano degli accorgimenti: deve essere somministrato sempre allo stato fresco o sempre acido, si può aggiungere un litro di formalina ogni 1000 litri di latte scremato. Nell'alimentazione dei polli il latte scremato è usato sotto forma di polvere e in quantità di circa 150 kg per tonnellata di alimento. Il latte scremato in polvere contiene fino al 35% di proteine che sono però carenti in cistina, la cui qualità varia secondo il metodo di preparazione: con il metodo *roller*, il latte scremato è sottoposto a temperature più elevate rispetto al metodo *spray* e quindi il valore biologico delle proteine si abbassa.

Il latte magro in polvere: è ricco in calcio (1,3%) e fosforo (1,0%) ed ha un valore nutritivo di 125 U.F./qle. E' utilizzato nelle miscele per lo svezzamento dei vitelli e dei suinetti.

b) **siero**: Nel processo di caseificazione la caseina precipita trascinando con sé la maggior parte del grasso e circa la metà del calcio e del fosforo.

Il siero che rimane è il risultato della divisione dei componenti del latte a seguito della coagulazione enzimatica operata dalla rennina. E' impiegato soprattutto per i suini all'ingrasso; ha un valore nutritivo basso (9 U.F./qle) ed un contenuto energetico pari a 1,1 MJ/kg. Contiene proteine (lattoalbumina e β -lattoglobulina) ad elevato valore biologico e presenta un buon equilibrio tra vitamine idrosolubili, calcio e fosforo. L'industria lattiera oggi produce grosse quantità di siero in polvere, molto utilizzato per la preparazione del latte artificiale e miscele di svezzamento.

Residui delle industrie della carne e del pesce

Sono particolarmente apprezzati come integratori proteici e minerali delle miscele o delle razioni di concentrati.

- **farine di carne**: sono definite come il prodotto ottenuto dall'essiccamento e macinazione di carcasse o parti di carcasse di animali a sangue caldo, se necessario dopo aver eliminato il grasso con un'adeguata procedura. Esse non dovrebbero contenere peli, crini, corna, unghie, pelle, contenuto dello stomaco e degli intestini e dovrebbero essere prive di solventi organici.. I prodotti con un contenuto lipidico superiore all'11% vanno indicati come << **ricchi in grasso** >> mentre i prodotti che contengono ossa sono definiti << **farine di carne ed ossa** >>. Le farine di carne sono essiccate per riscaldamento in forni a vapore ed il grasso che scola durante la disidratazione è eliminato; un'ulteriore e maggiore quantità di grasso è tolta per pressione ed il residuo è macinato per ottenere il prodotto finale. Nei processi a umido il materiale è riscaldato a vapore dopo aver aggiunto acqua ed il grasso che si separa è scremato; si lascia quindi decantare ciò che rimane ed il liquido supernatante è eliminato. Questo procedimento consente di ottenere un prodotto ad

elevato titolo proteico. Il residuo è sottoposto a pressione per togliere un'ulteriore quantità di grasso; è quindi essiccato e macinato. Le farine di carne, generalmente, contengono il 60-70% di proteine mentre, le farine di carne ed ossa ne contengono 45-55% ma sono più ricche in ceneri (soprattutto calcio, fosforo e manganese). Il contenuto in grasso mediamente è del 9% ma può variare dal 3 al 13% e, anche, soddisfacente è il contenuto in vitamine del gruppo B (riboflavina, colina, nicotinammide, e vitamina B₁₂). Le proteine delle farine di carne sono di buona qualità e nell'uomo adulto hanno un valore biologico di 0,67: sono molto ricche in lisina ma povere in metionina e triptofano, inoltre sembra che contengano fattori sconosciuti di crescita (fattore enterico di crescita che è presente nell'intestino del suino, fattore *Ackerman* e un fattore di crescita localizzato nelle ceneri). Come per le farine di pesce, anche quelle di carne trovano maggiore applicazione nell'alimentazione dei monogastrici. La loro preparazione deve essere molto accurata in quanto se non efficacemente sterilizzate (almeno 100 °C) possono contenere agenti patogeni dannosi per la salute degli animali che le utilizzano.

In sintesi il valore nutritivo delle farine di carne varia tra 93-105 U.F. secondo la qualità; contengono il 53-65% di proteina grezza, il 10-12% di grassi ed il 16-27% di ceneri. Non devono contenere più del 4,4% di fosforo altrimenti ricadono nella categoria tankage (carne e ossa). Il valore biologico delle loro proteine è 75-80.

- **farine di pesce e solubili di pesce:** contengono il 67-70% di proteine che hanno un valore biologico (78-82%) molto elevato perché sono decisamente ricche in aminoacidi essenziali. Inoltre, sono ricchi in vitamine del complesso B ed elementi minerali (soprattutto calcio e fosforo). Le farine di pesce secondo l'associazione internazionale di Fish Meal Manufactures sono così classificate:

- a) farine ad alto titolo proteico che hanno più del 68% di proteine e meno del 9% di grassi (molte farine di aringhe);
- b) farine a normale titolo proteico, compreso fra 64 e 68% e possono avere fino al 13% di grassi (molte farine di provenienza sud americana);
- c) farine a normale titolo proteico, ma a basso tenore lipidico: contengono dal 64 al 68% di proteine e fino al 6% di lipidi (scarti di lavorazione del pesce);
- d) farine a titolo proteico standard, compreso fra 60 e 64% (farine americane *Menhaden*).

Le farine di pesce sono prodotte:

- a) mediante essiccamento in recipienti scaldati a vapore ed il procedimento può avvenire sotto vuoto, oppure non sfruttare la ridotta pressione;
- b) essiccazione a fiamma, la farina è prodotta in un tamburo rotante, mediante corrente di aria calda; rispetto all'essiccamento a vapore questo procedimento è più drastico e può esercitare effetti indesiderati sulla qualità delle proteine.

Nelle farine prodotte in modo razionale la digeribilità delle proteine è compresa fra il 93 e il 95% mentre in quelle che hanno subito il trattamento termico esagerato può scendere fino al 60%.

La qualità delle proteine delle farine di pesce è normalmente alta, ma assai variabile, come risulta dai valori biologici nel ratto (0,36-0,82). Le proteine della farina di pesce hanno un elevato contenuto in lisina, metionina e triptofano; rappresentano quindi un valido correttivo delle diete a base di cereali ed in particolare delle diete che contengono grandi quantità di mais. Elevato è anche il contenuto in elementi minerali: calcio 8%, fosforo 3,5% ed elevate quantità di oligoelementi utili quali il manganese, ferro e iodio. Inoltre, le farine di pesce rappresentano una buona fonte di vitamine ed in particolare di colina, vitamina B₁₂ e riboflavina; il loro valore

nutritivo è accresciuto dal fatto che contengono alcuni fattori di crescita, generalmente indicati come Animal Protein Factors (APF).

Le farine di pesce trovano maggiore impiego nell'alimentazione dei giovani monogastrici, il cui fabbisogno di proteine e di aminoacidi essenziali è particolarmente elevato e la cui crescita è stimolata dal contenuto in APF delle farine in oggetto. In genere, negli animali giovani si usano diete con 150 Kg di farine per tonnellata di alimento, negli animali adulti tale quantitativo scende a 50 kg.

La riduzione è giustificata da motivi economici e dal fatto che gli animali adulti hanno meno esigenze in proteine e per evitare che le carcasse assumano un sapore di pesce; quest'ultimo aspetto va considerato anche per gli animali che producono uova e latte. Nei ruminanti le farine di pesce assumono importanza quale fonte di proteine non degradabili a livello ruminale e ciò è importante per i soggetti con rapida crescita e per le femmine gestanti e in lattazione. Generalmente si usano 50 kg di farina per tonnellata di alimento. Contrariamente a quanto ritenuto fino ad oggi il valore in energia metabolizzabile delle farine di pesce non è di 11,1 ma 14 MJ/kg S.S. Le farine di pesce non devono contenere più di 60 mg di nitriti/kg di alimento che abbia un'umidità del 12% e devono essere titolati come sodio nitrito, il che equivale a 14 mg di azoto da nitriti/kg S.S.

- **farine di sangue:** sono ottenute per essiccamento del sangue degli animali da macello e dei polli, si preparano facendo passare del vapore fluente attraverso il sangue fino alla temperatura di 100 °C, sufficiente per ottenere la sterilizzazione e provocare la coagulazione. La porzione solida è poi pressata per farne uscire il siero rimasto e dopo si procede all'essiccamento a vapore ed alla macinazione. La farina di sangue ha colore cioccolato scuro e con odore caratteristico. Contiene circa l'80% di proteine grezze (58-78% di protidi digeribili), piccole quantità di ceneri e grassi e circa il 10% di acqua. Dal punto di vista alimentare, è importante quale fonte proteica: è ricca in lisina, arginina, metionina, cistina e leucina ma è povera di isoleucina e rispetto alla farina di pesce o di carne contiene meno glicina. Il valore biologico della proteina di sangue è basso a causa dello squilibrio esistente fra gli aminoacidi inoltre, essa è poco digeribile e ciò può essere utile in quanto ha una bassissima degradabilità ruminale (0,20). Il loro contenuto in U.F è di 80-110/gle. Negli uccelli adulti la farina di sangue è utilizzata in dosi di 10-20 kg/tonnellata mentre, le normali dosi per i poligastrici e monogastrici adulti sono di circa 50 kg/tonnellata; quantitativi superiori a 100 kg/tonnellata causano diarrea; nei suinetti non dovrebbero essere usate.

Altri sottoprodotti

Altri prodotti animali sono la **lettieria avicola essiccata e sterilizzata**, la **pollina essiccata e disidratata** le quali sono utilizzate per l'alimentazione dei ruminanti. La loro composizione dipende dalla loro origine. La lettiera dei *broiler* allevati a terra contiene paglia, trucioli di legno o segatura perciò è più ricca in fibra grezza rispetto alle deiezioni delle ovaiole allevate in batteria. Entrambi i tipi di deiezioni hanno un elevato contenuto in ceneri ed è maggiore per quelle delle ovaiole (28% sulla S.S.), la digeribilità è bassa e il contenuto in EM medio è di circa 7,5 MJ/kg S.S.. Il contenuto in proteine grezze è compreso fra 25 e 35% e hanno una digeribilità del 65%. La maggior parte dell'azoto è sotto forma di composti non proteici, soprattutto urati i quali devono essere convertiti prima in urea e poi in ammoniaca per essere utilizzati dagli animali. Considerando che la trasformazione in urea è lenta, lo sperpero e i rischi di intossicazione sono inferiori rispetto agli alimenti che contengono urea. Per quanto riguarda il calcio e il fosforo, le deiezioni

delle ovaiole contengono il 6,5% di calcio e il rapporto calcio:fosforo è di 3:1, quelle dei *broilers* contengono meno calcio ma c'è un miglior equilibrio con il fosforo infatti, il rapporto è di circa 1:1. Una delle maggiori preoccupazioni in merito all'impiego delle deiezioni nell'alimentazione del bestiame è la presenza di agenti patogeni (salmonelle) e di pesticidi e di residui dei farmaci. Comunque, il trattamento termico che comporta l'essiccamento e il modo di insilamento del materiale sembrano garantire un soddisfacente controllo dei patogeni ed i pesticidi non hanno ancora posto dei problemi. I pericoli posti dai residui di medicinali possono essere scongiurati sospendendo la somministrazione di deiezioni 3 settimane prima della macellazione. Per le deiezioni bisogna indicare la quantità di acido urico espresso come proteine grezze, se dell'1% o più, e la quantità di calcio se supera il 2%.

11.3. Sostanze tossiche o antinutritive presenti negli alimenti zootecnici

Si distinguono in :

a) **sostanze naturali**, le quali causano intossicazioni episodiche o accidentali e senza gravi perdite;

b) **micotossine**, pericolose soprattutto nei volatili e suini.

Fra le sostanze naturali ricordiamo: glucosidi isotiocianogeni (senape, colza) e cianogenetici (sorgo, lino, soia, senape, veccia, ecc.), alcaloidi (lupini, fieno greco), estrogeni (medica, trifogli, soia), sostanze anticoagulanti (melilotus, soia cruda), sostanze ad azione antinutritiva (fagioli, fave, piselli, cotone, soia).

Le micotossine si dividono in:

- alfa tossine di cui si conoscono i tipi B₁ (la più tossica e cancerogena), B₂, G₁, G₂, M₁, M₂. Sono responsabili di lesioni al fegato, ai reni, alla mucosa intestinale. Sono presenti soprattutto nel mais, sorgo, arachide.

- ocratossine, meno pericolose delle precedenti

- tricoteceni

- zeralenone

CAP. XII. INTEGRATORI E ADDITIVI

Gli integratori sono quei prodotti che non sono veri alimenti, ma derivati tecnologici chimico-industriale o da sintesi, i quali possiedono concentrazioni elevate di uno o più componenti minerali o azotati o vitaminici, si da limitare l'impiego nelle razioni e miscele alimentari in percentuale molto ridotte ($\leq 0,5-3\%$).

Possono avere due funzioni:

- a) esplicano azione di stimolo sull'accrescimento e/o di difesa del microbismo e dalle infezioni e parassitosi di allevamento (antibiotici, anticoccidici, estrogeni);
- b) esplicano funzioni attinenti alla buona presentazione e conservazione dei prodotti mangimistici (antiossidanti, leganti, stabilizzanti) o dell'efficacia nutritiva (convulsionanti nei sostituti del latte) o a conferire proprietà pigmentanti alle miscele usate nell'alimentazione dei polli.

Integratori minerali

- fosforiti: contengono fosfato tribasico di calcio (75-80%), carbonato di calcio e fluoruri. Dato che il fluoro produce lesioni progressive delle ossa e dei denti la sua percentuale non deve superare l'1%;
- farina di ossa: sono consentite le farine sgelatinate e sterilizzate contenenti un minimo di P del 13% e massimo l'1,4% di azoto;
- fosfati di calcio: sono usati soprattutto il fosfato bicalcico e tricalcico;
- carbonato di calcio: nei pulcini e nei suini si usa soprattutto il carbonato di calcio grezzo;
- cloruro di sodio: è noto come "sale pastorizio" (NaCl grezzo e denaturato). In una miscela minerale bilanciata il NaCl deve rappresentare il 33-50 se destinata ai bovini e il 15-25% se per i suini.

Integratori azotati e proteici

- Urea: l'urea tecnica impiegata nell'alimentazione dei ruminanti fin dallo svezzamento è un composto molto solubile ed igroscopico che è miscelato con carbonato di calcio per evitare la formazione di grumi. Sotto questa forma contiene il 43% di azoto (15-16% di proteina grezza).

L'urea è scissa dai batteri ruminali in ammoniaca, CO₂ e H₂O. L'azoto ureico non dovrebbe superare 1/3 dell'azoto totale altrimenti avvengono accumuli d'ammoniaca nel sangue con conseguenti fenomeni di intossicazione.

Aminoacidi - L'aggiunta di aminoacidi alla dieta rende possibile una maggiore utilizzazione delle proteine e, ciò accade quando si addizionano gli aminoacidi indispensabili che si trovano al minimo. Soprattutto nei polli e nei suini e, se si fa ricorso a concentrati a base di cereali (soia esclusa), gli aminoacidi che più bisogna addizionare sono la lisina e la metionina.

Grassi - I grassi di origine animale (sego, lardo) o vegetale sono usati nell'alimentazione sia per aumentare l'energia metabolizzabile dei mangimi, sia per migliorare alcune caratteristiche organolettiche delle miscele (eliminare la polverosità, migliorare il colore, l'aspetto, l'appetibilità, ecc.).

Integratori vitaminici e vitamine

- lievito di birra: è ricco soprattutto in tiamina, piridossina e pantotenato; inoltre contiene l'ergosterolo che, se sottoposto a raggi ultravioletti, si trasforma in vitamina D₂

Concentrati vitaminici e vitamine: caroteni (farina di medica e carote disidratate), vitamina A e D₃ (oli di fegato di pesce).

Antibiotici

Sono sostanze organiche, sintetizzate soprattutto da muffe e streptomiceti, ad azione batteriostatica e battericida.

In campo zootecnico essi svolgono un'azione auxinica di promozione della crescita in quanto bloccano la microflora subpatogena e parasaprofita del tubo digerente e favoriscono lo sviluppo dei microrganismi che sintetizzano la vitamina B₁₂ e la riboflavina. Nei polli e nei suini, dopo somministrazione di antibiotici si ha aumento della crescita del 10-15% ed una maggiore utilizzazione degli alimenti del 5-10%. Nei ruminanti la loro azione è benefica soprattutto durante l'allattamento e lo svezzamento (maggiore accrescimento, minori infezioni), ma non negli adulti.

I più impiegati sono le tetraciline, bacitracine, oleandomicine, spiramicine, eritromicine. Un antibiotico particolare è il Monesin detto anche Rumensin, il quale, intervenendo sulla microflora del ruminante, determina una maggiore produzione di acido propionico ed una riduzione di acido acetico e quindi un aumento dell'utilizzazione della razione nei bovini da carne.

Va ricordato che l'impiego di antibiotici va sospeso 48 ore prima della macellazione e che un uso troppo prolungato può causare fenomeni di sensibilizzazione allergica negli animali e di resistenza nei patogeni. Attualmente, gli antibiotici ad uso alimentare sono proibiti dalla legge.

ESERCIZI

L'obiettivo finale dell'alimentazione è quello di stabilire, mediante calcoli appropriati ed una semplice scelta qualitativa e quantitativa dei foraggi e/o mangimi disponibili nell'azienda agraria e sul mercato, delle diete o delle razioni che rispondono dal punto di vista energetico, proteico, vitaminico e minerale e quindi a sostenere determinati livelli produttivi compatibili con le capacità dell'animale. Il calcolo delle razioni richiede la conoscenza di due serie di elementi:

- i fabbisogni nutritivi espressi procapite necessari per il calcolo di razioni, o come composizione percentuale di diete bilanciate adatte per una certa categoria di animale;
- la composizione ed il valore energetico degli alimenti fra i quali è possibile o conveniente operare una scelta, nella formulazione delle razioni e delle diete.

I metodi per la stima dei bisogni nutritivi sono diversi, ma tutti tengono conto dei seguenti elementi:

- 1) valore energetico della razione, espresso in unità nutritive (U.F., U.A.), in S.N.D. od in energia metabolizzabile (E.M.);
- 2) contenuto minimo in protidi digeribili completato da quello in aminoacidi indispensabili delle diete o razioni destinate ai polli e ai suini;
- 3) contenuto in sostanza secca delle razioni, espresso in Kg come valore indicativo di un volume alimentare adeguato al peso degli animali;
- 4) contenuto in elementi minerali, raccomandato come ottimale per lo stato di salute ed il conseguimento di elevate produzioni;
- 5) contenuto in caroteni e vitaminico, minimo o raccomandato, limitato alle vitamine A, D, E per i ruminanti ed esteso a tutte le vitamine idrosolubili per i suini e le specie avicole.

Esempi:

1) 5 becchi hanno ingerito 1,5 kg/capo/giorno di S.S. di fieno e la quantità di S.S. escreta con le feci è stata di 0,70 kg/capo/giorno e considerando che l'analisi del fieno e delle feci ha dato la seguente composizione (g/kg S.S.):

	Sostanza organica	Proteine Grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
Fieno	850	90	12	340	408
Feci	800	100	12	300	388

Calcolare la digeribilità, la relazione nutritiva, il valore nutritivo (U.A., U.F., indice volumetrico, le PDI)

a) calcolo della digeribilità:

moltiplicando per 1,5 e 0,70, rispettivamente, i contenuti del fieno e delle feci si ha:

	Sostanza secca	Sostanza organica	Proteine grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
Quota consumata -	1,5	1,275	0,135	0,018	0,51	0,612
Quota escreta =	0,70	0,56	0,07	0,0084	0,21	0,2716
Quota digerita	0,80	0,715	0,065	0,0096	0,30	0,3404

e i coefficienti di digeribilità saranno:

Sostanza secca	Sostanza Organica	Proteine grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi inazotati
0,80 : 1,5 = 0,53 (53%)	0,71 : 1,27 = 0,56 (56%)	0,06 : 0,13 = 0,48 (48%)	0,01 : 0,02 = 0,53 (53%)	0,3 : 0,51 = 0,59 (59%)	0,34 : 0,61 = 0,56 (56%)

e quindi la composizione del fieno in termini di principi alimentari digeribili è la seguente (g/kg S.S.):

Sostanza Organica	Proteine Grezze	Estratto etereo	Fibra grezza	Estrattivi Inazotati
850 x 0,56 = 476	90 x 0,48 = 43,2	12 x 0,53 = 6,36	340 x 0,59 = 200,6	408 x 0,56 = 228,48

In questo esempio, i becchi hanno ingerito 1,5 kg di sostanza secca di fieno il cui contenuto in energia lorda è pari a 18.0 MJ/kg e quindi l'energia lorda consumata da ciascun animale è pari a 18 x 1,5 = 27 MJ. Gli 0,70 kg di S.S. delle feci contenevano 18,7 MJ/kg e quindi un totale di 13,09 MJ per giorno. La digeribilità apparente di quel fieno è risultata perciò $(27 - 13,1)/27 = 13,9/27 = 0,515$ e l'energia digeribile contenuta nella sostanza secca dello stesso fieno è uguale: $18,0 \times 0,515 = 9,3$ MJ/kg.

b) Relazione nutritiva:

$$(200,6 + 228,48 + 6,36 \times 2,25) : 43,2 = 443,39 : 43,2 = \mathbf{10,26}$$

il fieno in questione ha una relazione nutritiva **larga** e quindi non andrebbe, almeno da solo, somministrato in animali in accrescimento o ad elevata produzione lattea

c) Calcolo delle unità amido e foraggiere classiche:

Principi nutritivi	%	Coefficiente digeribilità	Sostanze digeribili	Coefficiente adipogenetico	Unità amido lorde
Proteine grezze	9	0,48	4,32	0,94	4,06
Lipidi grezzi	1,2	0,53	0,64	1,91	1,22
Fibra grezza	34	0,59	20,01	1	20,01
Estrattivi inazotati	40,8	0,56	22,85	1	22,85
Totale U.A. teoriche					48,14
U.A. nette = $48,14 - (34 \times 0,58) = 48,14 - 19,72 =$					28,42
U.A. nette/Kg S.S. fieno = $28,42 : 100 =$					0,284

d) Unità foraggiere: $(28,42 \times 2360 \times 1,43) = 95911,82 : 2100 = 45,67$
Unità foraggiere/ Kg S.S. fieno = $45,67 : 100 = 0,46$

Calcolo **energia lorda**: (formula di Hoffman e Schiemann) EL (MJ/Kg S.S) =
 $0,239 \times PG + 0,398 \times LG + 0,200 \times FG + 0,175 \times EI =$
 $0,239 \times 9 + 0,398 \times 1,2 + 0,200 \times 34 + 0,175 \times 40,8 =$
 $2,151 + 0,478 + 6,80 + 7,14 = \mathbf{16,57 \text{ MJ}}$

Calcolo **energia digeribile**: ED (MJ/Kg S.S) =
 $0,239 \times PG \times dPG + 0,379 \times LG \times dLG + 0,183 \times FG \times dFG + 0,170 \times EI \times dEI =$
 $0,239 \times 9 \times 0,48 + 0,379 \times 1,2 \times 0,53 + 0,183 \times 34 \times 0,59 + 0,170 \times 40,8 \times 0,56 =$
 $1,03 + 0,24 + 3,67 + 3,82 = \mathbf{8,76}$

Calcolo **energia metabolizzabile**: EM (MJ/Kg S.S) =
 $0,181 \times PG \times dPG + 0,323 \times LG \times dLG + 0,150 \times FG \times dFG + 0,152 \times EI \times dEI =$
 $0,181 \times 9 \times 0,48 + 0,323 \times 1,2 \times 0,53 + 0,150 \times 34 \times 0,59 + 0,152 \times 40,8 \times 0,56 =$
 $0,78 + 0,20 + 3,01 + 3,47 = \mathbf{7,46}$

Tutto ciò può essere riassunto nella tabella:

Principi nutritivi grezzi	g/Kg SS (A)	Digeribilità (B)	Coefficiente* (C)	Energia	%
Proteine EL (MJ/Kg S.S) = A x C ED (MJ/Kg S.S) = A x B x C EM (MJ/Kg S.S) = A x B x C	9		0,239	2,15	100
		0,48	0,239	1,03	48
			0,181	0,78	76
Lipidi EL (MJ/Kg S.S) = A x C ED (MJ/Kg S.S) = A x B x C EM (MJ/Kg S.S) = A x B x C	1,2		0,398	0,48	100
		0,53	0,379	0,24	50
			0,323	0,20	83
Fibra EL (MJ/Kg S.S) = A x C ED (MJ/Kg S.S) = A x B x C EM (MJ/Kg S.S) = A x B x C	34		0,200	6,80	100
		0,59	0,183	3,67	54
			0,150	3,01	82
Estrattivi inazotati EL (MJ/Kg S.S) = A x C ED (MJ/Kg S.S) = A x B x C EM (MJ/Kg S.S) = A x B x C	40,8		0,175	7,00	100
		0,56	0,170	3,88	55
			0,152	3,47	89
Totale	EL (MJ/Kg S.S) = $2,15 + 0,48 + 6,80 + 7,00 =$ ED (MJ/Kg S.S) = $1,03 + 0,24 + 3,67 + 3,88 =$ EM (MJ/Kg S.S) = $0,78 + 0,20 + 3,01 + 3,47 =$			16,43	100
				8,82	54
				7,46	84
*tiene conto dell'energia /Kg SS per i singoli principi nutritivi					

Calcolo dell'energia netta:

- si considera la metabolizzabilità dell'energia lorda: $q = EM/EL = 7,46/16,43 = 0,45$
- poi si calcolano i vari K:

- $Km = 0,287q + 0,554 = 0,287 \times 0,45 + 0,554 = 0,68$
- $Kl = 0,24 (q - 0,57) + 0,6 = 0,24 \times 0,08 + 0,6 = 0,62$
- $Ka = 0,78q + 0,06 = 0,78 \times 0,45 + 0,06 = 0,41$
- e infine l'energia netta per i diversi usi da parte dell'animale:
 - $ENm = 7,46 \times 0,68 = 5,07 \text{ MJ} \times 239 = 1211,7 \text{ Kcal}$
 - $ENl = 7,46 \times 0,62 = 4,62 \text{ MJ} \times 239 = 1104,2 \text{ "}$
 - $ENa = 7,46 \times 0,41 = 3,06 \text{ MJ} \times 239 = 731,3 \text{ "}$
 - $UFI = 1104,2 : 1730 = \mathbf{0,64}$
 - $UFc = 7,46 \times (2/3 \cdot 0,68 + 1/3 \cdot 0,41) = 7,46 \times 0,59 = 4,40 \text{ MJ} \times 239 = 1051,6 \text{ Kcal}$
 - $1051,6 : 1850 = \mathbf{0,57}$

Calcolo UF classiche:

considerando un coefficiente di utilizzazione di 0,60 per l'EM abbiamo:

$7,46 \times 0,60 = 4,48 \text{ MJ}$ che moltiplicato per 239 = 1070,7 Kcal

$UF = 1070,7 : 2100 = \mathbf{0,51}$

Calcolo UFI = $(7,46 \times 0,64 \times 239) : 1730 = 1141,08 : 1730 = \mathbf{0,66}$

Calcolo UFc = $(7,46 \times 0,68 \times 239) : 1850 = 1212,40 : 1850 = \mathbf{0,65}$

e) Indice volumetrico (I.V.) = $1 : 0,65 = \mathbf{1,54}$

f) Sintesi proteica a livello ruminale:

- Considerando che il fieno contiene:
- 9% (90 g) di proteina grezza della quale:
- 60 g (67%) sono degradabili e
- 30 (33%) by-pass
- $SOF = 476 - 30 - 12 = 434 \text{ g} = 43,4 \%$
- Si ha

$PDIA = 9 \times (1 - 0,67) \times 0,90 = 2,67 = 26,7 \text{ g /Kg SS}$

$PDIMN = 9 \times 0,67 \times 0,90 \times 0,8 \times 0,8 = 3,47 = 34,7 \text{ g /Kg SS}$

$PDIME = 43 \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8 = 3,99 = 39,9 \text{ g/Kg SS}$

$PDIN = 26,7 + 34,7 = \mathbf{61,4}$

$PDIE = 26,7 + 39,9 = \mathbf{66,6}$

E' preferibile un leggero eccesso di PDIE in quanto l'animale con l'urea salivare ricicla una parte di azoto.

Se al posto del fieno avessimo utilizzato un alimento con il 79% di sostanza organica fermentescibile (SOF):

$PDIA = 9 \times (1 - 0,67) \times 0,90 = 2,67 = 26,7 \text{ g /Kg SS}$

$PDIMN = 9 \times 0,67 \times 0,90 \times 0,8 \times 0,8 = 3,47 = 34,7 \text{ g /Kg SS}$

$PDIME = 79 \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8 = 7,33 = 73,9 \text{ g/Kg SS}$

$PDIN = 26,7 + 34,7 = \mathbf{61,4}$

$PDIE = 26,7 + 73,9 = \mathbf{100}$

Per ottimizzare la sintesi proteica a livello ruminale aggiungiamo della farina di soia che apporta 384 g/Kg SS di PDIN e 248 g/Kg SS di PDIE, in ragione di 0,3 Kg si ha:

$PDIN = \mathbf{61,4} + 384 \times 0,3 = \mathbf{61,4} + 115,2 = \mathbf{176,6}$

$PDIE = \mathbf{100} + 248 \times 0,3 = \mathbf{100} + 74,4 = \mathbf{174,4}$

2) Calcolare la razione per una bovina che:

- pesa 6 qli (3^a lattazione),
- produce 34 Kg di latte al giorno al 3,7 % di grasso, 3,2 % di proteine,
- perde 0,5 Kg al giorno di peso,
- la cui razione ha un rapporto EM/EL = 0,65.

Calcoliamo prima le esigenze di mantenimento:

$$\mathbf{Km} = 0,7 \quad \mathbf{Kl} = 0,64 \quad \mathbf{Peso\ metabolico} = 600^{0,75} = 121,23 \text{ Kg}$$

Trasformo il latte in latte standard:

$$\text{kg latte} \times (0,4 + 0,15 \times \% \text{ grasso latte}) = 34 \times (0,4 + 0,15 \times 3,7) = \mathbf{3,4 \times 0,955 = 32,5}$$

Perdita peso:

$$\mathbf{Energia} = \mathbf{0,5 \text{ Kg} \times 26 \text{ MJ} : 0,95 = 13 : 0,95 = 13,68 \text{ MJ}}$$

$$\text{Proteine} = 0,5 \text{ Kg} \times 112 \text{ g} = 56 \text{ g}$$

Esigenze Energetiche

$$\mathbf{Mantenimento: 1,4 + 0,006 \times 600 \text{ Kg} = 5,0 \text{ UFI}}$$

$$\mathbf{Produzione: 0,44 \times 32,5 = 14,3 \text{ UFI}}$$

$$\text{Totale} = \mathbf{19,3 \text{ UFI}}$$

UFI risparmiate per perdita peso =

$$(0,5 \text{ kg} \times 26 \text{ MJ} \times \text{Kl} \times 239) : 1730 = 2092,5 \text{ Kl} : 1730 = 1,21 \text{ UFI}$$

$$\mathbf{UFI da somministrare = 19,3 - 1,21 = 18,1}$$

Esigenze proteiche:

$$\text{PDR} = 8,34 / \text{MJ EM ingerita}$$

$$\text{EM} = 18,1 \text{ UFI} \times 1730 \text{ Kcal} : 239 : 0,64 (\text{Kl}) = 205 \text{ MJ}$$

$$\text{Fabbisogno PDR} = 8,34 \times 205 = 1709,7 \text{ g} (= 94 \text{ g per UFI})$$

$$\text{mantenimento: } 2,19 \times 600^{0,75} = 265,5 (= 44 \text{ g per q})$$

$$\text{proteine cutanee} = 0,1125 \times 600^{0,75} = 13,6 (= 2,3 \text{ g per q})$$

$$\text{proteine latte} = 32 \times 0,95 \times 34 = 1033,6 \text{ g}$$

Non conoscendo il contenuto in proteine del latte si applica l'equazione che tiene conto del contenuto in grasso: $21,7 + 0,31 \times 3,7 = \mathbf{33,2 \text{ g/litro}}$

$$\text{perdita peso} = 0,5 \text{ Kg} \times 112 \text{ g} = 56 \text{ g}$$

$$\mathbf{Proteine\ tissutali (PT) = P\ mant. + prot. Cut. + P. latte - P. perd. Peso=}$$

$$265,5 + 13,6 + 1033,6 - 56 = 1312,7 - 56 = \mathbf{1256,7}$$

$$\mathbf{Fabbisogno\ PNDR} = 1,47 \times \text{PT} - 6,6 \text{ EM} = 1,47 \times 1256,7 - 6,6 \times 205 =$$

$$1847,35 - 1353 = \mathbf{494,3 \text{ g}}$$

E' consigliabile moltiplicare i fabbisogni di PDR e PNDR per 1,05 e quindi si ha:

$$\mathbf{PDR} = 1709,7 \times 1,05 = \mathbf{1795,2 \text{ g}}$$

$$\mathbf{PDNR} = \mathbf{494,3 \times 1,05 = 519 \text{ g}}$$

$$\mathbf{Fabbisogno\ proteine} = \text{PDR} + \text{PDNR} = 1795,2 + 519 = \mathbf{2314,2 \text{ g}}$$

Di cui: **78 % PDR** e **22% PDNR**

Sostanza secca

Mantenimento = PV x 0,0185 = **11,1 Kg**

Produzione latte = 32,5 x 0,305 = **9,9 Kg**

Totale = **21,0 Kg**

Fabbisogno in minerali:

Calcio: 35 g per mantenimento + 3,7 x 32,5 (prod. latte) = 35 + 120,25 = **155,25 g**

Fosforo: 25 g per manten. + 1,5 x 32,5 (prod. latte) = 25 + 48,75 = **73,75 g**

Magnesio: 1,8 g per manten. + 0,125 x 32,5 (prod. latte) = 1,8 + 4,06 = **5,86 g**

Fabbisogno di lipidi (% su S.S.): 32,5 x 0,0743 + 2,5684 = **4,98%**

Fabbisogno in fibra:

FG (% su SS) = FCM x (- 0,08) + 19,44 = - 0,08 x 32,5 + 19,44 = - 2,6 + 19,44 = **16,84 %**

NDF (% su FG) = FCM x (- 0,29) + 41,92 = -9,42 + 41,92 = **32,5%**

ADF (% su FG) = FCM x (- 0,08) + 23,44 = - 2,6 + 23,44 = **20,8 %**

Ciò significa che ogni Kg di sostanza secca:

deve contenere: **0,86 UFl, 110,2 g di proteine, 4,98 % di lipidi,**

deve avere un rapporto foraggi : concentrati di 45 : 55

3) Calcolare la digeribilità e le unità foraggiere di un alimento somministrato ad un bovino:

Alimento:

fieno ingerito kg 5

umidità 13%

E.L. = 18 MJ/kg S.S.

feci kg 2 S.S.

La sostanza secca del fieno è pari all'87 % e quindi per i 5 kg di fieno si ha:

(5 x 87) : 100 = 4,35 kg S.S.

S.S. trattenuta = 4,35 - 2 = kg 2,35

Digeribilità fieno = (4,35 - 2) : 4,35 = 0,54 o 54%

E.L. = 4,35 kg x 18 MJ = 78,3 MJ

E.D. = 78,3 x 0,54 = 42,8 MJ

Dall'ED. togliendo l'energia persa con le urine (5%) e con il metano (12%) si ottiene l'energia metabolizzabile:

Energia urine (Eu) = 42,8 x 5 : 100 = 2,11 MJ

Energia metano (Em) = 42,8 x 12 : 100 = 5,07 MJ

Energia metabolizzabile = E.D. - Eu - Em = 42,8 - 2,11 - 5,07 = 35,1 MJ

Considerando un coefficiente di utilizzazione dell'EM = 0,60, l'Energia Netta (EN) sarà:

35,1 MJ x 0,60 = 21,06 MJ che moltiplicato per 239 sarà = 5033 Kcal

Considerando che:

1 UF classica = 2100 Kcal

1 UF latte = 1730 Kcal

1 UF carne = 1850 Kcal

si ha :

UF/ 5 kg fieno = $5033 : 2100 = 2,40$ UF classiche

UF/kg fieno = $2,40 : 5 = 0,48$

Considerando poi $K_l = 0,636$ e $K_f = 0,681$ si avrà:

a) $UFl / 5 \text{ Kg di fieno} = (35,1 \times 239 \times 0,636) : 1730 = 5335,34 : 1730 = 3,08$

UFl / Kg di fieno = $3,08 : 5 = 0,62$

b) $UFc / 5 \text{ Kg fieno} = (35,1 \times 239 \times 0,681) : 1850 = 5712,84 : 1850 = 3,09$

UFc / Kg fieno = $3,09 : 5 = 0,62$

4. calcolare l'energia digeribile di un fieno somministrato ad un ovino

- Fieno somministrato (s.s.) all'ovino (Kg/capo/d) = **1,50 Kg**
- Alimento eliminato con le feci (s.s.) = **0,70 Kg**
- Fieno digerito ($1,50 - 0,70 \text{ Kg}$) = **0,80 Kg**

Energia lorda per Kg s.s. fieno = **18,0 MJ**

Energia per Kg di feci = **18,7 Mj**

Energia lorda ingerita = $18 \text{ MJ} \times 1,5 \text{ kg} =$ **27,0 MJ**

Energia eliminata con le feci = $18,7 \text{ MJ} \times 0,70 \text{ Kg} =$ **13,1 MJ**

Energia trattenuta (digeribile) = $\text{MJ} (27 - 13,1) =$ **13,9 MJ**

Digeribilità (apparente) dell'energia = $(27 - 13,1)/27 =$ **0,515**

Energia digeribile contenuta nel fieno = $18 \times 0,515 =$ **9,3 MJ/Kg**

5) Calcolo della razione per una vacca da latte di 5 anni (non più in accrescimento) del peso di 550 Kg, che produce 14 litri di latte il giorno con il 4% di grasso ed è al 5° mese di gravidanza (non ha bisogno di supplementazione per lo stato gravidico).

Si calcolano prima i fabbisogni:

Fabbisogno nutritivo	Mantenimento	Produzione latte	Totale
Unità foraggiere n.	4,4	$14 \times 0,4 = 5,6$	10
Proteina digeribile g	$60 \times 5,5 = 330$	$14 \times 60 = 840$	1170
Sostanza secca Kg			17
Calcio g	33	$14 \times 4,2 = 58,8$	92
Fosforo g	24	$14 \times 1,7 = 23,8$	48
Carotenoidi mg			400

L'azienda dispone di erba medica ad inizio fioritura, fieno maggengo di prato naturale di media qualità, insilato di granturchino:

Alimenti	Quantità Kg	Componenti nutritivi della razione					
		U.F.	Prot. digeribile g	Sostanza secca kg	Ca g	P G	Carotenoidi mg
Erba medica	15	$15 \times 0,14 = 2,1$	$15 \times 32 = 480$	3,75	87,0	12,8	450
Fieno di prato	7	$7 \times 0,40 = 2,8$	$7 \times 40 = 280$	5,95	15,5	13,1	120
Granturcho insil.	28	$28 \times 0,12 = 3,4$	$8 \times 28 = 224$	5,60	15,1	12,3	330
Crusca	2,5	$2,5 \times 0,75 = 1,9$	$2,5 \times 110 = 275$	2,20	3,3	31,4	
TOTALE	52,5	10,2	1209	17,50	120,9	69,6	900

Nel calcolo dei quantitativi dei singoli costituenti la razione, necessari per far raggiungere alla stessa un giusto contenuto in U.F., proteine digeribili, Ca, P, carotenoidi e di sostanza secca si andrà per tentativi, variando i singoli quantitativi fino ad avere un risultato soddisfacente; oppure, si provvede all'aggiustamento con concentrati ed integrativi.

La razione formulata soddisfa con un certo margine di sicurezza sia il bisogno energetico che proteico e molto largamente ai fabbisogni in calcio, fosforo e carotenoidi. Per la sostanza secca vi è un modesto eccesso di 0,5 Kg, ma poiché essa corrisponde a poco più del 3% del peso dell'animale e gli alimenti utilizzati sono sicuramente appetibili, è da ritenere che la razione sia interamente consumata.

6) Calcolare il valore nutritivo (V.N.) in U.F., la relazione nutritiva (R.N.) e l'indice di voluminosità (I.V.) di un alimento avente la seguente composizione chimica:

acqua = 63%, proteina 17,94%, grasso 2,31%, ceneri 6,03%, fibra grezza 34,39%, estrattivi inazotati = 39,33%.

- calcolo sostanza secca = $100 - 63 = 37$

- calcolo coefficienti digeribilità:

- fibra grezza = 34,39% scarto: $35 - 30 = 5$; $35 - 34,39 = 0,61$; $54,5 - 50,2 = 4,3$ (scarto fibra); $5 : 4,3 = 0,61 : x$; $x = 4,3 \times 0,61 / 5 = 0,52$
- proteine: $60,0 - 55,7 = 4,3$; $5 : 4,3 = 0,61 : x$; $x = 4,3 \times 0,61 / 5 = 0,52$
- grassi: $5 : 7,3 = 0,61 : X$; $X = 7,3 \times 0,61 / 5 = 0,89$
- estrattivi inazotati: $5 : 4,5 = 0,61 : x$; $x = 4,5 \times 0,61 / 5 = 0,79$

i coefficienti di digeribilità, quindi, sono:

proteine: $55,7 + 0,52 = 56,22$

grassi = $48,2 + 0,89 = 49,09$

estrattivi inazotati = $61 + 0,79 = 61,79$

fibra grezza = $50,2 + 0,52 = 50,72$

- calcolo delle sostanze nutritive digeribili:

- proteine $17,94 \times 0,5622 =$ 10,08 prot. digeribili
- grassi $2,31 \times 0,4909 =$ 1,13 grassi "
- estrattivi inazotati $39,33 \times 0,6179 =$ 24,30 estrat. inaz. "
- fibra grezza $34,39 \times 0,5072 =$ 17,44 fibra "

- calcolo della relazione nutritiva:

R.N. = (estrat. inaz. dig. + fibra diger. + grassi diger. x 2,25) : proteine digeribili =
 $(24,30 + 17,44 + 1,13 \times 2,25) : 10,08 = 4,34$ (è una relazione stretta).

- calcolo del valore nutritivo:

si calcolano prima le unità amido teoriche (moltiplicando le sostanze nutritive digeribili per il coefficiente adipogenetico):

proteine	$10,08 \times 0,94 = 9,48$
grassi	$1,13 \times 1,91 = 2,15$
fibra	$17,44 \times 1 = 17,44$
estrat. inaz.	$24,30 \times 1 = 24,30$
Totale U.A. teoriche = 53,37	

Dalle unità amido teoriche si risale a quelle reali, mediante i fattori di correzione; essendo la fibra grezza pari 34,99 quindi > di 16 il fattore di correzione è 0,58:

$34,39 \times 0,58 = 19,94$; U.A. reali = $53,37 - 19,94 = 33,43$

- calcolo del V.N. in U.F.; basta fare la conversione delle U.A. in unità foraggiere:

1 U.A. = 1,43 U.F. quindi $33,43 \text{ U.A.} \times 1,43 = 47,80 \text{ U.F.}$

- riferimento del V.N. in U.F. a 100 Kg di sostanza secca:

$100 : 47,80 = 37 : x$; $x = 47,80 \times 37 / 100 = 17,68$

- calcolo dell'indice volumetrico:

I.V. = sostanza secca totale : U.F. totali = $37 : 17,68 = 2,09$

7) stabilire una razione media giornaliera, per un gruppo di vitelli da carne, con un peso di 250 Kg e col presupposto di avere un incremento medio/d di 1200 g.

- in azienda sono presenti i seguenti foraggi: silomais a maturazione cerosa, fieno di medica e come concentrato si dispone di farina di estrazione di arachide addizionata del 2,5% di fosfato bicalcico e dello 0,5% di sale pastorizio con oligoelementi.

I bisogni nutritivi si ricavano direttamente dalle tabelle (I.N.R.A., N.R.C.) e sono: 4,9 U.F., 585 g di protidi digeribili, 6,8 Kg di sostanza secca; 27 g di calcio, 21 g di fosforo; 60 mg di caroteni. La composizione della razione è quella riportata in tabella nella quale sono indicati, nella colonna sinistra delle U.F., delle P.D. e della SS. i valori dei singoli alimenti riferiti ad un Kg.

Alimenti	kg	Unità foraggiere	prot. diger. g	sost. secca Kg	Ca g	P G	Caroteni mg
Silomais	14	0,23 3,22	14 196	0,28 3,92	10,3	7,3	80
fieno medica	2	0,45 0,90	115 230	0,85 1,70	21,2	4,0	50
Arachide farina estr.	0,8	1,0 0,80	430 344	0,90 0,72	1,5	4,4	-
fosfato. Bicalcico	-	-	-	-	4,8	3,7	-
Totali	16,8	4,92	770	6.34	37,8	19,4	130

La razione proposta risponde bene ai fabbisogni di unità foraggiere, proteine, calcio e fosforo il quale presenta un deficit trascurabile. Il contenuto in sostanza secca è minore di quello previsto ma, ciò costituisce un vantaggio per i bovini all'ingrasso e, dipende dall'impiego di un foraggio di base (il silomais) raccolto a maturazione cerosa e quindi contiene un'elevata concentrazione nutritiva.

8) Calcolare la razione di mantenimento per pecore di 40 Kg in buona condizione corporea

Fabbisogni: mantenimento	0,52 UFL	42 g PDI
Pascolamento (20% mantenimento)	0,10 UFL	
Totale	0,62 UFL	42 g PDI

- Alimenti disponibili: - fieno di prato stabile mediocre: 0,62 UFL; 50 g PDIN; 63 g PDIE; 6,5 g Calcio; 2,5 g fosforo

- Capacità di ingestione prevista: Kg 1,2 = 1 Kg di sostanza secca (2,5 Kg S.S. per 100 Kg di peso vivo)

- Apporti alimentari: 0,62 UFL; 50 g PDI; 6,5 g Calcio; 2,5 g Fosforo.

I fabbisogni sono soddisfatti (al limite) con un Kg di S.S. (pari a 1,2 Kg tal quale) di un fieno di qualità mediocre.

Ciò indica che i fabbisogni di mantenimento di una pecora sono soddisfatti da una razione costituita da solo foraggio ed anche di qualità mediocre. Le pecore, anche se, fossero di peso maggiore (es. 70 Kg di peso vivo, con fabbisogno di 0,80 per il mantenimento e 0,16 per il pascolamento) i fabbisogni sarebbero sempre coperti se la capacità di ingestione non scendesse sotto i 2,5 Kg di S.S. per 100 Kg di peso vivo.

PG % = 5,9; TDN % = 65,0; Ca % = 0,23; P % = 0,23; Vit. A UI/kg = 11.000;
 Vit. D UI/kg = 550;

in altre parole deve contenere 8,89 kg di SS con:

$8,89 \times 65/100 = 5,778$ kg TDN e

$8,89 \times 5,9/100 = 0,524$ kg di PG

volendo adottare il sistema standard di razionamento e avendo a disposizione fieno di medica, fieno di prato polifita ed avena per tentativi si ricava:

Alimenti	Quantità kg	PD kg	TDN kg	SS kg
Fieno di medica	4	$4 \times 10,5/100 = 0,42$	$4 \times 50,3/100 = 2,012$	4
Fieno di prato polifita	3	$3 \times 2,1/100 = 0,063$	$3 \times 49,6/100 = 1,488$	3
Avena	2	$2 \times 9,4/100 = 0,188$	$2 \times 72,2/100 = 1,444$	2
Concentrati	1	$1 \times 8/100 = 0,08$	$1 \times 58/100 = 0,680$	1
Totale	10	0,679	5,624	10

Qualora si voglia utilizzare fieno, avena e concentrato si può utilizzare il sistema standard se, invece si vogliono utilizzare altri prodotti presenti in azienda va usato il sistema scandinavo delle UF oppure i fabbisogni riportati nelle tabelle in TDN possono essere tradotti in UF con la formula di Moore:

$y = 1,9 X - 48,9$, dove y sono le UF e X la % di TDN contenuta nella SS.

12. Calcolare i fabbisogni di un cavallo da lavoro di 45 mesi il cui peso da adulto sarà di 630 kg, in diverse utilizzazioni, partendo dalla SS e dal TDN necessari per arrivare alle UF (da Tesi):

Tipo Lavoro	Fabbisogni					
	SS (kg)	TDN (kg)	PG (g)	Ca (g)	P (g)	UF
Riposo	$630 \times 1,4 = 8,82$	$8,82 \times 62,5 = 5,51$	$8,82 \times 5,2 = 459$	$8,82 \times 0,19 = 16,76$	$8,82 \times 0,2 = 17,64$	$UF \% = (1,9 \times 62,5 - 48,9) = 69,85$ $UF^* = 69,85 \times 8,82/100 = 6,16$
Leggero	$630 \times 1,8 = 11,34$	$11,34 \times 63,5 = 7,2$	$11,34 \times 5,1 = 578$	$11,34 \times 0,19 = 21,55$	$11,34 \times 0,2 = 22,68$	$UF \% = 1,9 \times 63,5 - 48,9 = 71,75$ $UF^* = 71,75 \times 11,34/100 = 8,14$
Medio	$630 \times 2,0 = 12,60$	$12,6 \times 65 = 8,19$	$12,6 \times 5,1 = 643$	$12,6 \times 0,19 = 23,94$	$12,6 \times 0,2 = 25,20$	$UF \% = 1,9 \times 65 - 48,9 = 74,6$ $UF^* = 74,6 \times 12,6/100 = 9,4$
Pesante	$630 \times 2,3 = 14,49$	$14,49 \times 67 = 9,71$	$14,49 \times 5 = 724$	$14,49 \times 0,19 = 27,53$	$14,49 \times 0,2 = 28,98$	$UF \% = 1,9 \times 67 - 48,9 = 78,4$ $UF^* = 78,4 \times 14,49/100 = 11,36$
	* = UF necessarie					

13) Calcolare la razione per una pecora che pesa 40 Kg, si trova al 30° giorno di lattazione, produce 2 litri di latte al 7,4 % di grasso e perde 250 g di peso corporeo al giorno.

$$K_m = 0,7 \quad K_l = 0,62$$

$$\text{Peso metabolico} = 40^{0,75} = 17,37 \text{ Kg}$$

Trasformo il latte in latte standard:

$$\text{kg latte} \times (0,4 + 0,15 \times \% \text{ grasso latte}) = 2 \times (0,4 + 0,15 \times 7,4) = \mathbf{3,02 \text{ litri}}$$

Perdite corporee:

$$\text{Energia} = 26 \text{ MJ} \times 0,250 \times 0,84 = \mathbf{5,46 \text{ MJ}}$$

$$\text{Proteine} = 98 \text{ g/Kg} = 24,5 \text{ g}$$

Esigenze

Energia

$$\text{Mantenimento: UFI} = 0,045 P^{0,75} = 0,045 \times 17,37 = \mathbf{0,78}$$

$$\text{ENm} = (0,78 \times 1730) = \mathbf{1394,4 \text{ Kcal}} ; \mathbf{1394,4 : 239} = \mathbf{5,83 \text{ MJ}}$$

$$\text{Produzione: UFI} = 0,42 / \text{Kg latte al } 4\% = 0,42 \times 3,02 = 1,27$$

$$\text{ENI} = 1,27 \times 1730 = 2197 \text{ Kcal}; 2197 : 239 = \mathbf{9,19 \text{ MJ}}$$

$$\text{EM} = 5,83 : 0,7 + 9,19 : 0,62 = 8,33 + 14,82 = \mathbf{23,15 \text{ MJ}}$$

$$\text{EM ingerita} = \text{EM}_{m+1} - \text{EM}_p = \mathbf{23,15 - 5,46} = \mathbf{17,69 \text{ MJ}}$$

Esigenze proteiche:

$$\text{b) proteine degradabili} = 8,34 \text{ g/MJ energia ingerita} = 8,34 \text{ g} \times 17,69 = \mathbf{147,5 \text{ g}}$$

$$\text{2) proteine non degradabili} = 1,47 \times \text{proteine tissutali}^* - 6,67 \times \text{EM ingerita}$$

$$^* \text{manten.} = 2,19 \text{ g/P}^{0,75}; \text{ prod.} = 53 \times 0,95 \text{ g/Kg}; \text{ perd. peso} = 98 \text{ g/Kg}$$

$$1,47 \times (2,19 \times 17,37 - 24,5 + 53 \times 0,95 \times 3,02) = 1,47 \times (74,23 - 24,5 + 152,06) - 6,67 \times 17,69 = (1,47 \times 201,79) - 117,99 = \mathbf{296,6 - 117,99} = \mathbf{178,61 \text{ g}}$$

Minerali	Mantenimento	Produzione	Totale
Ca (g)	$40 \times 0,016/0,51 = 1,25 \text{ g}$	$3,02 \times 1,6/0,51 = 9,47$	10,72
P (g)	$40 \times 0,03/0,58 = 2,07 \text{ g}$	$3,02 \times 1,3/0,58 = 6,77$	8,84
Mg (g)	$40 \times 0,003/0,17 = 7,06$	$3,02 \times 0,17/0,17 = 3,02$	10,08

14) Calcolare la razione per una capra al pascolo che pesa 40 Kg, si trova al 70° giorno di lattazione, produce 2 litri di latte al 4,4 % di grasso e guadagna 100 g di peso corporeo al giorno.

$$K_m = 0,7 \quad K_l = 0,62$$

$$\text{Peso metabolico} = 40^{0,75} = 17,37 \text{ Kg}$$

Trasformo il latte in latte standard:

$$\text{kg latte} \times (0,4 + 0,15 \times \% \text{ grasso latte}) = 2 \times (0,4 + 0,15 \times 4,4) = \mathbf{2,12 \text{ litri}}$$

Guadagno corporeo:

$$\mathbf{\text{Energia} = 26 \text{ MJ/Kg} : 0,95 = 2,6 \times 0,95 = 2,74 \text{ MJ}}$$

$$\text{Proteine} = 150 \text{ g/Kg} = 15 \text{ g}$$

Esigenze Energetiche

$$\mathbf{\text{Mantenimento: } 0,389 \text{ MJ/P}^{0,75} + (25\% \text{ per pascolo}) = 6,76 + 1,69 = 8,45 \text{ MJ}}$$

$$\mathbf{\text{Produzione: } 5,6 \text{ MJ} \times 2,12 = 11,87 \text{ MJ}}$$

$$\text{Totale} = 8,45 + 11,87 = \mathbf{20,32 \text{ MJ}}$$

$$\mathbf{\text{EM ingerita} = \text{EM}_{m+p} + \text{EMg} = 20,32 + 2,74 = 23,06 \text{ MJ}}$$

$$\text{UFI} = (\text{EM}_m \times 0,7 + \text{EM}_p \times 0,62) \times 239 : 1730 =$$

$$= (8,45 \times 0,7 + ((2,74 + 11,87) \times 0,62)) \times 239 : 1730 =$$

$$= (5,91 + 9,06) \times 239 : 1730 = 14,97 \times 239 : 1730 = \mathbf{2,07 \text{ UFI}}$$

Facendo i calcoli direttamente con le UFL:

a)	Mantenimento:	UFL 0,045 x 17,37 =	0,782 UFL
	Pascolo:	“ 0,011 x 17,37 =	0,195 “
	Guadagno peso	“	0,234 “
b)	Produzione:	UFL 2,12 x 0,42 =	<u>0,890 “</u>
	Totale		2,10 UFL

Esigenze proteiche:

$$1) \text{ proteine degradabili} = 8,34 \text{ g/MJ energia ingerita} = 8,34 \text{ g} \times 23,06 = \mathbf{192,32 \text{ g}}$$

$$2) \text{ proteine non degradabili} = 1,47 \times \text{proteine tissutali}^* - 6,67 \times \text{EM ingerita}$$

$$* \text{ manten.} = 2,19 \text{ g/P}^{0,75}; \text{ prod.} = 33 \times 0,95 \text{ g/Kg}; \text{ guad. peso} = 150 \text{ g/Kg}$$

$$1,47 \times (2,19 \times 17,37 + 15 + 33 \times 0,95 \times 2,12) = 1,47 \times (38,04 + 15 + 66,46) - 6,67 \times 23,06 = (1,47 \times 119,5) - 153,8 = 175,66 - 153,8 = \mathbf{21,85 \text{ g}}$$

Minerali	Mantenimento (40 Kg)	Produzione (2,12 litri)	Totale
Ca (g)	40 x 0,02/0,51 = 1,56	2,12 x 1,3/0,51 = 5,40	1,56 + 5,40 = 6,96
P (g)	40 x 0,03/0,58 = 2,07	2,12 x 1,1/0,58 = 4,02	2,07 + 4,02 = 6,09
Mg (g)	40 x 0,0035/0,17 = 0,82	2,12 x 0,26/0,17 = 3,24	0,82 + 3,24 = 4,06

TABELLE

Tab. Al. Fabbisogni nutritivi giornalieri di mantenimento e di accrescimento vitelle e manze di razze lattifere (NRC, 1978, mod.)										
Peso vivo	Accrescimento g/d	UF. n.	EM Mcal	TDN Kg	Protidi grezzi g	Ca g	P G	Vit.A X 1.000 U.I.	Vit.D U.I.	S.S. Kg
50	500	1,79	4,82	1,230	198	10	6	2,1	330	1,450
	700	2,08	5,36	1,350	243	12	7	2,1	330	1,450
75	400	1,84	5,56	1,460	254	12	7	3,2	495	2,100
	600	2,26	6,36	1,640	296	14	8	3,2	495	2,100
	800	2,65	7,08	1,800	341	16	8	3,2	495	2,100
100	400	2,12	6,78	1,810	336	15	8	4,2	660	2,800
	600	2,57	7,64	2,000	380	17	9	4,2	660	2,800
	800	3,01	8,47	2,180	426	19	1	4,2	660	2,800
150	400	2,60	8,90	2,400	455	17	11	6,4	990	4,000
	600	3,17	9,97	2,640	491	18	11	6,4	990	4,000
	800	3,73	11,03	2,880	528	20	12	6,4	990	4,000
200	400	3,19	11,20	3,040	571	19	13	8,5	1.320	5,200
	600	3,82	12,39	3,310	604	21	14	8,5	1.320	5,200
	800	4,42	13,52	3,560	640	22	15	8,5	1.320	5,200
250	400	3,64	13,15	3,590	665	21	15	10,6	1.650	6,300
	600	4,39	14,57	3,910	689	22	16	10,6	1.650	6,300
	800	5,06	15,82	4,190	719	23	17	10,6	1.650	6,300
300	400	4,14	14,80	4,030	713	22	17	12,7	1,980	7,000
	600	4,93	16,49	4,430	755	23	17	12,7	1,980	7,200
	800	5,65	17,83	4,730	782	24	18	12,7	1,980	7,200
350	400	4,55	15,99	4,340	738	23	17	14,8	2.310	7,420
	600	5,43	18,21	4,900	812	26	19	14,8	2.310	8,000
	800	6,14	19,56	5,200	841	26	19	14,8	2.310	8,000
400	400	4,92	17,76	4,850	833	24	19	17,0	2.640	8,500
	600	5,85	19,61	5,270	856	25	20	17,0	2.640	8,600
	800	6,65	21,11	5,610	876	26	21	17,0	2.640	8,600
500	400	5,72	20,26	5,510	900	27	21	21,2	3.300	9,500
	600	6,78	22,26	5,960	903	27	21	21,2	3.300	9,500

Tab. A2.		Fabbisogni nutritivi totali giornalieri per una bovina da latte di 600 Kg				
Peso vivo	UFL	ENL	PDI (g)	Ca (g)	P (g)	Cl (g)
Vacca in asciutta gestante:						
prima del 7° mese di gestazione	5,0	35,6	395	36	27	11,0
7° mese di gestazione	5,9	41,9	470	45	30	12,0
8° mese di gestazione	6,6	46,9	530	52	32	14,0
9° mese di gestazione	7,6	54,0	600	61	35	16,0
Vacca che produce latte al 4% di grasso						
2,5	6,1	43,4	520	47	30	12,0
5,0	7,1	50,5	645	57	35	14,0
7,5	8,2	58,3	770	67	40	15,0
10,0	9,4	66,8	895	78	45	15,3
12,5	10,6	75,4	1020	89	50	16,1
15,0	11,8	83,9	1145	100	54	16,9
17,5	13,0	92,4	1270	108	58	17,8
20,0	14,2	101,0	1395	115	62	18,6
22,5	15,4	109,5	1520	123	66	19,4
25,0	16,7	118,7	1645	130	71	20,2
27,5	17,9	127,3	1770	135	73	21,0
30,0	19,2	136,5	1895	140	75	21,9
32,5	20,5	145,8	2020	145	77	22,7
35,0	21,8	155,0	2145	150	80	23,5
Correzione per differenze di 1 qle di peso vivo	0,6	4,3	50	6	5	1,5
Vitamine (U.I.) : A = 60.000; D = 6.000; E = 350						

Tab.A3 - Fabbisogni giornalieri totali per vitelloni								
PV (Kg)	IGA (Kg)	ENC (MJ)	UFC	PDI (g)	Ca (g)	P (g)	CI (g)	Vitamine (U.I.)
Tipo da latte								
200	1,0	30,4	4,0	473	30	16	5,7	A = 14.000 D = 1.200 E = 115
	1,2	34,2	4,5	526	35	18		
	1,4	37,3	4,9	577	40	20		
	1,6	38,4	5,4	626	45	22		
300	1,0	41,1	5,4	535	37	22	7,4	A = 21.000 D = 1.800 E = 155
	1,2	45,7	6,0	585	42	25		
	1,4	51,0	6,7	633	47	28		
	1,6	52,6	7,4	677	52	31		
400	1,0	51,0	6,7	588	45	31	8,7	A = 28.000 D = 2.400 E = 195
	1,2	57,1	7,5	636	50	34		
	1,4	63,2	8,3	679	55	36		
	1,6	65,4	9,2	720	60	38		
500	1,0	60,9	8,0	637	55	35	9,6	A = 35.000 D = 3.000 E = 235
	1,2	67,7	8,9	681	61	38		
	1,4	74,6	9,8	721	68	40		
Tipo da carne francese								
300	1,0	37,3	4,9	554	37	22	6,8	A = 21.000 D = 1.800 E = 155
	1,2	40,3	5,3	610	42	25		
	1,4	43,4	5,7	665	47	28		
	1,6	46,4	6,1	718	52	31		
400	1,0	46,4	6,1	613	45	31	8,3	A = 28.000 D = 2.400 E = 195
	1,2	49,5	6,5	669	50	34		
	1,4	53,3	7,0	722	56	36		
	1,6	57,1	7,5	773	58	38		
500	1,0	54,8	7,2	667	55	35	9,6	A = 35.000 D = 3.000 E = 235
	1,2	58,6	7,7	722	61	38		
	1,4	63,2	8,3	774	68	40		
	1,6	67,7	8,9	823	70	40		
600	1,0	62,4	8,2	718	59	36	10,7	A = 42.000 D = 3.600 E = 275
	1,2	67,7	8,9	771	65	39		
	1,4	72,3	9,5	822	66	39		
Razza bianca italiana								
300	1,0	35,8	4,7	560	37	22	6,4	A = 21.000 D = 1.800 E = 155
	1,2	38,1	5,0	590	42	25		
	1,4	40,3	5,3	630	47	28		
	1,6	43,4	5,7	680	52	31		
400	1,0	45,7	6,0	750	45	31	8,4	A = 28.000 D = 2.400 E = 195
	1,2	47,9	6,3	790	50	34		
	1,4	51,7	6,8	850	56	36		
	1,6	54,8	7,2	900	58	38		
500	1,0	54,8	7,2	745	55	35	9,7	A = 35.000 D = 3.000 E = 235
	1,2	58,6	7,7	900	61	38		
	1,4	62,4	8,2	960	68	40		
600	1,0	63,9	8,4	960	59	36	10,0	A = 42.000 D = 3.600 E = 275
	1,2	67,7	8,9	1010	65	39		
	1,4	72,3	9,5	1090	66	39		

IGA = incremento giornaliero atteso; CI = capacità ingestione

Tab. A4 - Fabbisogni totali giornalieri per vitelle e manze ad elevato accrescimento								
PV (Kg)	IGA (Kg)	ENC (MJ)	UFC	PDI (g)	Ca (g)	P (g)	CI	Vit. (u.i.)
150	0,8	26,6	3,5	330	20	10		A = 9.000
	1,0	32,0	4,2	370	25	13	5,8	D = 770
	1,2	38,1	5,0	420	30	16		E = 65
250	0,8	32,7	4,3	430	28	18		A = 14.000
	1,0	38,1	5,0	474	34	20	7,0	D = 1.200
	1,2	44,1	5,8	514	40	22		E = 100
350	0,8	40,3	5,3	500	33	23		A = 18.000
	1,0	45,7	6,0	550	41	28	8,5	D = 1.500
	1,2	53,3	7,0	580	46	29		E = 130
450	0,8	50,2	6,6	535	39	29		A = 22.000
	1,0	57,1	7,5	563	50	33	9,5	D = 1.900
	1,2	64,7	8,5	585	55	36		E = 160

TAB 5 –Fabbisogni per bovini da riproduzione							
Categoria	PV (kg)	UFL	ENL (MJ)	PDI	Ca g	P g	Vit. A
Manze gravide (ultimi 3 mesi)	350	5,4	410	16	24	16	22.000
	400	5,8	435	18	25	18	24.000
	450	6,3	465	19	26	19	26.000
Vacche gravide (ultimi 3 mesi)	450	4,9	355	14	15	14	23.000
	550	5,7	380	16	18	16	27.000
	650	6,4	435	20	22	20	30.000
Vacche con vitello (primi 4 mesi pst -parto)	450	7,3	545	21	26	21	36.000
	550	8,1	600	24	29	24	41.000
	650	8,8	650	27	33	27	46.000
Tori riproduttori (attività media)	700	6,8	590	26	26	26	52.000
	800	7,5	600	27	27	27	53.000
	900	8,2	610	31	31	31	56.000
	1000	8,9	620	32	33	32	66.000

TAB. A6 – Fabbisogni giornalieri per vitelli da latte da macello

PV kg	IGA g/d	EM MJ	PD g	SS g	PD/SS %	EM/ES MJ/kg	Ca g/kg SS	P g/kg SS
50	500	14,94	182	760				
	750	18,45	225	940	24	19,7	13	7
75	900	20,58	251	1045				
	800	21,97	268	1115				
	1000	26,23	320	1335	24	19,7	13	7
100	1200	29,50	359	1500				
	1000	30,17	333	1510				
150	1200	34,60	381	1735	22	20,0	13	7
	1400	39,41	435	1975				
	1000	38,24	378	1890				
200	1200	43,89	433	2165	20	20,3	13	7
	1400	50,08	495	2475				
200	1000	46,31	508	2540				
	1200	49,45	577	2885	20	18,2	13	7
	1400	56,04	652	3260				

Minerali (mg/Kg SS di sostituto del latte: Fe = 10; Cu = 5; Zn = 50; Mn = 50; I = 0,12; Se = 0,10; Co = 0,10;

Vitamine (/Kg S.S.): A = 48.000 u.i.; D = 3.000 u.i.; E = 35 mg; K = 2 mg; Ac. Ascorbico = 100 mg; B₁ = 6 mg; B₂ = 3 mg; niacina = 14 mg; B₆ = 2 mg; ac. Pantotenico = 12 mg; ac. Folico = 1 mg; B₁₂ = 60 µg; biotina = 120 µg; colina = 1,5 g.

Tab. A7 - Fabbisogni medi giornalieri di pecore									
PV (Kg)	Tipo parto	Settimane al parto	UFL	ENL (MJ)	PDI (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (u.i.)	Vit. D (u.i.)
Mantenimento									
40	-	-	0,52	3,69	42	3,0	2,0	2200	220
50	-	-	0,62	4,41	50	3,5	2,5	2350	278
60	-	-	0,71	5,05	57	4,0	3,0	2820	333
70	-	-	0,80	5,69	64	4,5	3,5	3760	388
Gestazione									
40	S	6	0,62	4,41	67	5,1	3,2	2000	230
		4	0,72	5,12	87	7,4	3,8	3600	230
		2	0,85	6,04	102	7,4	3,8	3600	230
	G	6	0,64	4,55	72	5,6	3,4	2000	230
		4	0,75	5,33	95	8,2	4,2	3600	230
		2	0,90	6,40	110	8,2	4,2	3600	230
50	S	6	0,72	5,12	72	6,0	3,2	2350	278
		4	0,84	5,97	90	8,7	3,8	4250	278
		2	0,98	6,97	105	8,7	3,8	4300	278
	G	6	0,74	5,26	77	7,3	3,5	2350	278
		4	0,94	6,68	102	11,4	4,5	4250	278
		2	1,15	8,18	125	11,4	4,5	4300	278
60	S	6	0,80	5,69	80	6,7	3,7	2820	333
		4	0,94	6,68	100	9,4	4,3	5100	333
		2	1,14	8,11	115	9,4	4,3	5100	333
	G	6	0,82	5,83	90	8,0	4,0	2820	333
		4	1,02	7,25	115	12,0	5,0	5100	333
		2	1,32	9,39	140	12,0	5,0	5100	333
70	S	6	0,88	6,26	90	6,5	3,7	3290	388
		4	1,02	7,25	115	9,2	4,3	5950	388
		2	1,22	8,67	130	9,2	4,3	5950	388
	G	6	0,90	6,40	110	8,0	4,0	3290	388
		4	1,10	7,82	135	12,0	5,0	5950	388
		2	1,40	9,95	150	12,0	5,0	5950	388
Per arieti e pecore alla monta bisogna maggiorare i fabbisogni del 25%									

Tab. A8- Fabbisogni giornalieri per la produzione di un litro di latte nella pecora								
Mesi dopo lo svezza- mento	Composizione latte (%)		UFL	PDI	Ca	P	Vit. A	Vit. D
	Grasso	Proteine		(g)	(g)	(g)	(u.i.)	(u.i.)
1-2	5,8	4,9	0,59	74	6,4	2,5	3.200	180
	6,2	5,3	0,62	80	6,4	2,5	3.200	180
3-4	6,5	5,5	0,64	83	6,4	2,5	3.200	180
	7,5	6,0	0,72	90	6,4	2,5	3.200	180
5-6	8,0	6,2	0,75	93	6,4	2,5	3.200	180
	9,0	6,2	0,80	93	6,4	2,5	3.200	180

Tab. A9 - Fabbisogni totali medi giornalieri per agnelli e agnelloni								
PV (Kg)	IGA (g)	ENC (MJ)	UFC	PDI (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (u.i)	Vito D (u.i.)
15	150	3,50	0,46	79	4,2	1,7	700	100
	200	4,41	0,58	100	5,3	2,1	700	100
	250	5,17	0,68	117	6,4	2,6	700	100
	300	5,94	0,78	134	7,5	3,0	700	100
20	150	5,17	0,68	100	4,6	2,0	940	133
	200	5,48	0,72	124	5,7	2,4	940	133
	250	6,47	0,85	146	6,8	2,9	940	133
	300	7,38	0,97	167	8,0	3,4	940	133
25	150	5,33	0,70	158	5,2	2,3	1190	167
	200	6,54	0,86	163	6,4	2,9	1190	167
	250	7,76	1,02	168	7,6	3,4	1190	167
	300	8,83	1,16	180	8,9	4,0	1190	167
30	150	6,62	0,87	120	5,8	2,7	1410	176
	200	8,22	1,08	149	7,1	3,4	1410	176
	250	9,66	1,27	175	8,5	4,0	1410	176
	300	11,03	1,45	200	9,7	4,6	1410	176
35	150	7,91	1,04	125	8,0	3,9	1645	194
	200	9,89	1,30	157	8,0	3,9	1645	194
	250	11,64	1,53	185	9,5	4,7	1645	194
	300	13,32	1,75	211	10,9	5,3	1645	194

Tab. A10- Caratteristiche di composizione delle miscele per suini

	Starter 5-25 Kg	Grower 25-70 Kg	Finisher oltre 70 Kg	Scrofe gestanti e verri	Scrofe in latta- zione
ED, Kcal/Kg	3.500	3.200	3200	3.000	3.100
MJ/kg	14,6	13,4	13,4	12,6	13,0
EM, Kcal/Kg	3250	3030	3030	2840	2930
MJ/Kg	13,6	12,7	12,7	11,9	12,3
Proteina grezza (%)	20-22	17	15	12	14
Aminoacidi (%):					
Lisina	1,4	0,8	0,7	0,4	0,6
Metionina + Cisteina	0,8	0,5	0,4	0,3	0,4
Triptofano	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Treonina	0,8	0,5	0,4	0,3	0,4
Leucina	1,0	0,6	0,4	0,3	0,7
Isoleucina	0,8	0,5	0,5	0,3	0,4
Valina	0,9	0,6	0,4	0,4	0,4
Istidina	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Arginina	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4
Fenilalanina + Tirosina	1,3	0,8	0,7	0,3	0,7
Minerali:					
Ca, g/Kg	12	9	8	10	8
P, g/Kg	8	6	5	6	6
NaCl, g/Kg	3	3	3	3	3
Fe, mg/Kg	100	90	80	80	80
Cu, mg/Kg	10	10	10	10	10
Zn, mg/Kg	100	100	100	100	100
Mn, mg/Kg	40	40	40	40	40
Co, mg/Kg	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
Se, mg/Kg	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
I, mg/Kg	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
Vitamine:					
A, UI/Kg	10.000	7.000	5.000	5.000	5.000
D, UI/Kg	2.000	1.500	1.000	1.000	1.000
E, mg/Kg	20	15	10	10	10
K, mg/Kg	1	0,8	0,5	0,5	0,5
Tiamina, mg/Kg	1	1	1	1	1
Riboflavina, mg/Kg	4	3	3	3	3
Pantotenato di Ca, mg/Kg	10	8	8	8	8
Niacina, mg/Kg	15	10	10	10	10
Biotina, mg/Kg	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1
Acido folico, mg/Kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
B ₁₂ , mg/Kg	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Colina cloruro, mg/Kg	800	600	500	500	500

TAB. 11- Caratteristiche di composizione di miscele per polli da carne

	settimane											
	1	2	>3	1	2	>3	1	2	>3	1	2	>3
EM, kcal/kg	2900	2900	2900	3000	3000	3000	3100	3100	3100	3200	3200	3200
Proteina grezza, %	21,5	19,6	18,2	22,2	20,4	18,9	23,0	21,0	19,5	23,7	21,7	20,1
Aminoacidi, %												
Lisina	1,1	1,0	0,8	1,2	1,0	0,9	1,2	1,1	0,9	1,2	1,1	0,9
Metionina	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
Metionina+cisteina	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8
Triptofano	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tronina	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,5
Glicina+serina	1,9	1,6	1,3	1,9	1,7	1,4	2,0	1,8	1,4	2,1	1,8	1,5
Leucina	1,6	1,4	1,1	1,6	1,4	1,2	1,7	1,5	1,2	1,7	1,5	0,2
Isoleucina	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	0,7	1,0	0,9	0,7
Valina	1,0	0,9	0,6	1,0	0,9	0,6	1,0	0,9	0,6	1,1	1,0	0,6
Istidina	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
Arginina	1,2	1,0	0,9	1,3	1,1	0,9	1,3	1,1	0,9	1,3	1,1	1,0
Fenilalanina + tirosina	1,5	1,3	1,1	1,6	1,4	1,1	1,6	1,4	1,1	1,7	1,5	1,2
Minerali												
Ca, g/kg	10	9	8	10	9	8	11	10	9	11	10	9
P, g/kg	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	6
NaCl, g/kg	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fe,mg/Kg	40	40	15	40	40	15	40	40	15	40	40	15
Cu,mg/Kg	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2
Zn,mg/Kg	40	40	20	40	40	20	40	40	20	40	40	20
Mn,mg/Kg	70	70	60	70	70	60	70	70	60	70	70	60
Co,mg/Kg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Se,mg/Kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
I,mg/Kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vitamine												
A, UI/kg x 1000	10	10	110	10	10	10	10	10	10	10	10	10
D3 UI/kg	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
E, mg/kg	15	15	10	15	15	10	15	15	10	15	15	10
K3, mg/kg	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4
Tiamina, mg/kg	0,5	0,5		0,5	0,5		0,5	0,5		0,5	0,5	-
Riboflavina, mg/kg	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pantotenato, mg/kg	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Niacina, mg/kg	25	25	15	25	25	15	25	25	15	25	25	15
Piridossina, mg/kg	2	2	1,5	2	2	1,5	2	2	1,5	2	2	1,5
Biotina, mg/kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ac. Folico, mg/kg	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-
B12, mg/kg	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01
Colina cloruro, mg/kg	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

Tab. A12- Composizione delle miscele per galline (Rip. = riproduzione; Ov. = ovodeposizione)

	Rip.	Ov.	Rip.	Ov.	Rip.	Ov.	Rip.	Ov.	Rip.	Ov.
EM, Kcal/Kg	2500	2500	2600	2600	2700	2700	2800	2800	2900	2900
PG,% (T < 25°C)	14,5	-	15,1	-	15,8	5,6	16,2	6,0	17,0	6,7
PG,% (T > 25°C)	16,0		16,7		17,4	7,1	18,0	7,7	18,7	8,4
Aminoacidi, %:										
Lisina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Metionina	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Metionina + Cisteina	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Triptofano	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tronina	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Glicina + Serina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Leucina	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
Isoleucina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Valina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Istidina	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Arginina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
Fenilalanina+ Tirosina	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
Minerali:										
Ca, g/Kg	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P, g/Kg	6	6	6	6	5	5	5	5	6	6
NaCl, g/Kg	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fe, mg/Kg	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu, mg/Kg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Zn, mg/Kg	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Mn, mg/Kg	60	60	60	60	50	50	50	50	60	60
Co, mg/Kg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Se, mg/Kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
I,mg/kg	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Vitamine:										
A, UI/Kg x 1000	10	8	10	8	10	10	10	10	10	10
D3, UI./Kg	1500	1000	1500	1000	1500	1000	1500	1000	1500	1000
E, mg/Kg	15	5	15	5	15	15	15	15	15	15
K3, mg/Kg	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4
Tiamina, mg/Kg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Riboflavina, mg/Kg	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pantotenato, mg/Kg	12	5	12	5	12	12	12	12	12	12
Niacina, mg/Kg	33	26	33	26	33	36	33	36	33	36
Piridossina, mg/Kg	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1
Biotina, mg/Kg	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Ac. Folico, mg/Kg	0,9	0,4	0,9	0,4	0,9	0,4	0,9	0,4	0,9	0,4
B12, mg/Kg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Colina cloruro, mg/Kg	600	300	600	300	500	500	500	500	600	500
Ac. Linoleico, mg/kg	8	10	8	10	8	10	8	10	8	10

Tab. B1. Caratteristiche analitiche di alcuni alimenti (espresse sul tal quale)

Foraggi verdi	Sostanza secca %	Proteine grezze %	UFL/ql	Fibra grezza %	Lipidi %	Ceneri %	NDF g/ Kg	ADF g/kg	Calcio g/kg	Fosforo g/kg	Proteina degradabile g/kg	Proteina bypass g/kg	Proteina solubile g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg
Erb. Misto prato stabile	18	3,8	15	5,2	0,8	1,8	110	68	1,5	0,7	28	10		27	23
Erba pascolo di pianura	18	2,5	15	5	0,5	1,7	105	62	1,2	0,6	20	5		23	20
Erba di pascolo di montagna	18	3	14	4,2	0,5	2	96	56	1,3	0,6	22	8		19	17
Erba medica (media)	18	5	14	6	0,8	2	115	65	3,5	0,6	36	14		21	16
Erbaio Lanndsberger	21	4,2	16	5,2	1	2,3	100	70	0,3	0,1	30	12			
Erbaio Trifoglio ladino	19	3,2	14	5	0,5	2,2	85	50	3	0,8	23	9		22	16
Erbaio Loietto italico	18	2	16	5	0,6	2	93	57	1,2	0,8	13	7		12	15
Erbaio Festuca pratense	19	2,5	14	7	0,6	2,3	125	85	0,7	0,5	18	7		17	13
Erbaio Festuca arundinacea	20	2,3	16	6	1,3	2,1	110	65	0,8	0,6	17	6		16	12
Erbaio Triticale	20	3,5	17	4,2	0,6	1,7	85	53	0,7	0,6	25	10			
Erbaio Granturchino giovane	18	1,7	13	4,6	0,3	1,8	80	50	0,7	0,5	12	5		12	17
Erbaio Granturchino maturo	25	2,3	18	5,8	0,5	2	120	70	1	0,7	16	7		15	22
Erba di marcite	18	2,1	15	4,3	0,8	1,8	78	55	1	0,7	15	6			
Erbaio di orzo	20	2	15	6	0,4	2	110	75	0,6	0,5	14	6		13	14
Erbaio di avena	28	3,2	16	10	0,6	2,5	160	120	1	1,3	23	9		22	26
Erbaio di colza	15	2,8	15	4,2	0,8	1,5	80	55	2	0,5	20	8			
Erbaio di veccia	20	3,5	17	4,5	0,5	1,8	95	50	0,8	0,7	26	9		26	20
Erbaio Dactylis g1omerata	18	2,2	15	5	0,5	2	100	60	0,8	0,7	15	7		32	23
Erbaio Fleo pratense	20	2,2	15	6,5	0,6	1,5	125	83	0,8	0,5	15	7		11	14
Erbaio Poa pratense	23	3,5	17	6	0,8	1,7	120	70	1,2	1	26	9			
Erbaio segale giovane	23	2,7	18	7,7	0,8	1,7	130	96	1	0,8	19	8			
Erbaio sorgo maturo	25	1,6	18	7	0,8	1,5	125	85	1	0,3	11	5			
Fieni															
Polifita	87	10	62	27	2,3	8	487	307	5	2,5	63	37	20	68	70
Medica (media)	87	16	57	27	2	7,8	378	342	14	2,3	115	45	32	93	76
Trifoglio alessandrino	88	17	58	27	2,6	12	450	290	13	2,6	108	59		95	72
Trifoglio incarnato	86	12	52	27	2,4	7,5	480	320	10	2	80	40			
Trifoglio ladino	88	15	60	24	3,6	7,6	410	320	15	2,5	105	45			
Trifoglio pratense	87	16	58	23	3,5	7,3	410	290	12	2,2	113	47			
Loglio perenne	88	10	60	30	2,3	7,3	550	360	3	2,4	70	20		60	70
Loglio italico loiessa	88	11	58	27	2	7,2	560	360	3,5	2,6	75	20		60	65
Festuca pratense	87	8	59	27	2	7,5	500	370	3,5	2	55	25		52	58
Festuca arundinacea	88	8,5	55	27	2,1	8,7	580	380	3,5	2	60	25		55	62
Trigonella fieno greco	85	11	45	30	2,6	5	570	390	14	2	78	32			
Landsberger	90	16	58	23	5	10	430	287	12	2,5	110	55			
Graminacee mediocri	88	9,3	57	29	2,2	5,3	480	350	3	1,5	65	28		60	68
Avena	87	8,5	55	30	2	7	500	350	2,5	1,5	60	25			
Veccia	87	18	52	24	2,1	10	420	300	12	3	120	60			
Vigna sinensis	89	19	24	23	2,5	11	450	290	14	3	125	65			
Sulla	88	13	55	27	1,8	9,5	465	385	10	3	85	45			
Dactylis g1omeratafleo pratense	85	8,7	56	27	2	8	485	285	2,7	2	57	30		73	74
Fleo pratense	87	8	52	30	2	5	490	325	3,5	1,8	52	28			
Segale	89	7,5	53	35	7	5	600	430	2,7	1,8	48	27			
Loietto + medica	87	12	65	27	2	7,6	486	242	8,5	2,3	93	32	24	76	70
Loietto + trifoglio	87	12	65	25	2,5	7,3	483	340	7,7	2,3	90	30			
Paglie:															
Paglia di frumento	90	3,7	26	40	1,3	7	765	486	2,7	0,8	12	25		30	34
Paglia di orzo	89	3,7	37	38	1,3	6,5	712	525	2,7	0,7	10	27		32	33

Tab. B1. Caratteristiche analitiche di alcuni alimenti (esprese sul tal quale)

Insilati	Sostanza secca %		Proteine grezze %		UFL/qle	Fibra grezza %		Lipidi %	Ceneri %	NDF g/ Kg	ADF g/kg	Calcio g/kg	Fosforo g/kg	Proteina degradabile g/kg	Protein by-pass g/kg	Proteina solubile g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg
Silomais 35% S.S.	35	2,6	30	7,6	1	2	170	80	1,2	0,7	18	8	13	15	23			
Silomais 32% S.S.	33	2,5	27	7	0,9	1,8	156	74	1,1	0,6	17	7,5	12	14	21			
Silomais 30% S.S.	30	2,3	25	6,5	0,8	1,7	145	68	1	0,6	16	7	11	15	22			
Fienosilo polifita	50	5,6	36	15	1,5	4,6	270	160	2,5	1	37	19						
Prato stabile verde	28	3,4	22	8,5	0,8	0,8	160	90	1,5	0,6	22	12						
Fienosilo loietto	35	3,6	28	13	1,3	3,5	220	135	1,8	1,2	23	13						
Loietto perenne verde	20	2,1	17	5,7	0,7	2	105	60	1	0,6	15	6						
Loietto italico - loiessa	27	2,2	20	6	0,6	2	138	75	1	0,6	16	6						
Fienosilo di medica	47	7,8	30	11	2	3,5	210	115	7	1,5	50	28	35					
Medica verde	33	6,3	24	8,5	1	3,6	167	90	3,5	0,8	40	23	19	37	22			
Orzo	33	3	24	10	1	3	150	105	1,5	1	22	8		15	20			
Trebbie di birra	25	6,2	22	4	2,5	1,2	70	45	0,7	1,2	40	22						
Barbabietole polpe	12	1,7	11	4	0,3	1	68	45	1,5	0,3	11	6						
Pastone mais granella	68	7	82	1,3	3,1	0,9	30	17	0,3	1,3	39	31	25					
Pastone mais grano e tutolo	60	5,4	65	2,5	2,8	0,9	50	30	0,2	1,1	35	19	23					
Granturco stocchi	35	2	21	13	0,4	3,5	250	135	0,7	0,4	15	5						
Avena e vecchia	25	3,6	15	6,7	1	2	120	70	1,6	0,7	20	16						
Cereali e fiocchi:																		
Mais	88	8,8	110	2,2	3,7	1,3	85	30	0,2	2,7	32	56	10	73	100			
Orzo	88	10	100	6	2	2,3	170	60	0,5	3,7	85	20	37	68	92			
Frumento	88	11	103	2,3	2	1,7	120	30	0,6	3,6	90	30		75	95			
Avena	88	11	90	10	4,5	4	290	140	0,7	3,5	85	25		64	72			
Segale	88	10	102	2,3	1,5	2	115	37	0,7	3,5	76	24		69	90			
Sorgo	88	11	101	2,4	3	1,8	93	42	0,3	3,2	73	34		78	97			
Miglio	88	12	87	9,3	3,7	3,6	270	97	0,5	2,8	73	43		96	107			
Triticale seme	87	12	105	3,3	2	2	120	40	0,6	3,5	90	28		77	94			
Mais fiocchi	88	9	115	2,5	3	1,5	123	26	1,2	2,6	57	38		69	85			
Orzo fiocchi	88	12	103	4,3	2	2,5	125	46	0,5	2,7	90	30		80	100			
Avena fiocchi decorticati	88	14	117	2	7,2	2,6	55	21	0,7	3,8	105	35		100	52			
Mais pannocchie	86	5,3	70	4,3	2,7	1	200	70	0,1	1,5	35	18						
Cruscami:																		
Crusca di frumento	88	14	78	10	4,2	5	400	130	1,4	13	112	30	57	92	75			
Cruschello di frumento	88	16	80	9	4,5	5	365	112	1,2	9,5	115	35	58	80	95			
Tritello di frumento	88	15	82	6	3	4	250	75	1,3	9	120	40		96	83			
Farinaccio di frumento	88	15	101	6	3	3,5	240	77	1	7	120	35		93	80			
Farinetta di frumento	88	14	100	3,5	2,6	2,5	150	40	1	5	105	40		76	80			
Pula di riso commerciale	88	12	82	12	12	11	360	150	0,8	14	80	40		65	63			
Puletta di riso	88	9	70	15	8	18	300	180			60	30						
Farinaccio di riso	89	13	81	5,7	8,5	7	160	85	0,5	12	86	44		98	90			
Loppe di orzo	88	3	40	30	1,5	13	90	50	4	2	22	8						
Tritello di segale	89	15	85	7	3,7	5	210	100	1,5	13	92	58						

segue

	Sostanza secca %	Proteine grezze %	UFL/qle	Fibra grezza %	Lipidi %	Ceneri %	NDF g/ Kg	ADF g/kg	Calcio g/kg	Fosforo g/kg	Proteina degradabile g/kg	Protein by-pass g/kg	Proteina solubile g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg
Alimenti diversi:															
Manioca farina															
Carrube frante denocciol.	87	2,5	100	4	0,5	5	104	63	2	1	20	5		15	60
Patate secche disidratate	90	5	67	7	2,7	3	237	198	3	0,6	50	-	-		
Urea: * = Kg'kg	89	3,7	102	2,7	0,5	4	124	45	0,8	1,5					
Grasso by-pass	99	278	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7*	-	-	1,5*	-
	95		325		90					90					
Alimenti proteici e semi:															
Soia fe. 44%	90	44	103	7	1,1	6	180	80	2,7	6,5	317	123	88	307	213
Soia fe. 48%	90	48	105	4	1,7	6	100	60	2,8	6,9	345	135	96	340	230
Soia semi interi	90	35	114	6,5	18	6	130	85	2,5	5,8	198	182	60	220	78
Cotone far. estrazione	91	37	80	13	1,5	6,5	367	250	2	10	324	86		287	123
Cotone semi interi	90	20	115	20	20	3,6	430	295	1,4	4	115	95	68	160	127
Cotone panel. decorticato	91	42	92	9	8	6,7	270	195	3	7	255	170		298	247
Girasole far. e. decortic.	90	39	80	16	8,3	7	320	215	4,5	12	265	125		260	155
Girasole pan. decortic.	90	39	91	14	8,5	6,5	335	230	4	6,6	280	110		272	170
Girasole pan. Semidecort.	92	32	57	20	8	6,5	345	300	3,5	7,5	225	95		230	140
Girasole f.e. integrale	90	23	58	30	2	5	450	320	5,5	7	160	75		178	135
Arachide panel	92	50	104	7,8	6,8	5,3	130	90	2	6	870	170		320	175
Arachide f.e.	91	49	102	10	1,4	5,7	170	128	1,6	6	345	145		332	181
Colza farina estrazione	90	36	93	12	2,2	7,2	220	150	7	10	250	100		246	150
Lino farina estrazione	90	35	88	9,3	1,7	6,2	243	170	3,5	8,3	217	133		237	167
Lino pannello	90	32	100	9,8	7,5	5,6	198	125	4	8	183	142	133	240	173
Sesamo farina estrazione	90	44	80	7,5	1,7	12			20	17	310	130		285	155
Pomodoro semi far. estro	90	34	60	27	1,2	6,5			4	7			220	120	
Glutine mais 60%	90	62	110	2,6	2,7	2	61	21	1	3,2	190	430		500	463
Glutine mais 40%	90	43	105	4	2,8	2,4	92		1,6	4	130	300		300	253
Germe di frumento	88	36	112	2,5	10	5	165	53	0,8	10	174	186			
Germe di mais far. Estr.	90	20	100	11	1,8	3	396	117	1	5	144	56		90	115
Germe di mais pannello	91	22	106	10	7,5	2,5	260	75	0,6	4,5	160	60		96	115
Germe di riso intero	90	18	107	6	18	8	250	154	0,5	17	82	98			
Medica disidr. 17%	92	17	70	25	2,8	9,5	400	320	16	2,5	85	85		110	83
Guar. Far. Estraz.	91	44	90	12	5	6			0,3	0,6					
Semola glut. 17%	88	17	93	10	2,6	4,5	385	120	1	7	135	40	35	120	105
Semola glut. 20%	90	22	102	7,5	3,5	7	350	140	1,2	4,8	184	46	38	130	115
Lino seme	91	23	135	7	35	5	125	75	2,3	6,3	190	40	33	132	58
Lenticchie semi	88	25	96	3,5	1,8	3			1,2	4,2					
Fave semi	88	26	100	7,5	1,3	3,5	108	82	1,2	6	198	62		152	90
Veccia seme	88	27	100	6,5	1,6	3,5	183	92	1,6	4,5	210	60		157	88
Pisello seme	86	23	100	5,5	1,6	2,8	140	65	0,8	4,5				130	85

	Pag.
CAP. I. PRINCIPI NUTRITIVI	
1.1 Generalità	1
1.2 Principi nutritivi	5
1.2.1 Idrati di carbonio o glucidi	6
1.2.2 Protidi	7
1.2.3. Disponibilità di aminoacidi	9
1.2.4 Valore biologico delle proteine	10
1.2.6 Proteine by-pass	11
1.2.7 Lipidi	13
1.2.8 Vitamine	14
1.2.9. Macrobromi Inorganici	19
1.2.11 Minerali	19
1.2.12 Macroelementi	22
1.2.13 Microelementi	24
1.2.14 Ormoni ed Enzimi	26
1.2.15 Fattori Sconosciuti di Crescita	26
1.2.16 Promotori di Performances e Additivi	27
CAP. II. DIGESTIONE DEI PRINCIPI NUTRITIVI	29
2.1 Generalità	29
2.2 Ingestione degli alimenti	30
2.3 Digestione nei monogastrici	34
2.3.1 Attività secretoria dello stomaco	34
2.3.2. Secrezioni enzimatiche dello stomaco	35
2.3.4. Secrezioni presenti nell'intestino tenue	35
2.3.5. Succhi enterici	37
2.3.6. Particolarità nei conigli	39
2.3.8. Particolarità nei volatili	39
2.3.9. Digestione nei lattanti dei poligastrici	40
2.3.10 Digestione nei poligastrici	40
2.3.11. Digestione microbica ruminale	42
2.3.12. Digestione e sintesi proteica nel rumine	45
2.3.14. Modulazione fermentazioni ruminali	47
CAP. III. VALUTAZIONE CHIMICO FISIOLÓGICA ALIMENTI	51
3.2 Valutazione chimica	51
3.3 Valutazione fisiologica	58
3.3.1 Digeribilità	58
3.2.2. Impiego degli indicatori per determinare la digeribilità	61
3.2.4. Fattori che influenzano la digeribilità	62
3.2.3. Relazione nutritiva	65
3.2.4. Equilibrio acido-basico	66
3.2.5. Appetibilità	67
3.2.6. Conservabilità	67
3.2.7. Azione dietetica	67
CAP. IV. UTILIZZAZIONE BIOLOGICA DEGLI ALIMENTI	68
4.1. Produzione energia	68
4.2. Metodi di misura del calore prodotto e ritenzione di energia	72
CAP. V. DETERMINAZIONE VALORE NUTRITIVO ALIMENTI	75
5.3 Generalità	76

5.4 Metodo delle unità amido	79
5.3. Metodo scandinavo o delle unità foraggiere (U.F.)	80
5.4. Metodo delle U.F. latte e carne	81
5.5. Metodo dell'E.M. attraverso il calcolo del T.D.N.	82
5.6. Metodo della energia netta	83
CAP. VI. SISTEMI DI VALUTAZIONE DELLE PROTEINE	83
6.5 Valutazione nei monogastrici	85
6.6 Valutazione nei poligastrici	86
6.7 Sistema francese	88
6.8 Degradabilità delle proteine	89
CAP. VII. FATTORI NUTRITIVI E DI RAZIONAMENTO ANIMALE	89
7.1. Nuove concezioni sul valore nutritivo degli alimenti e della razione	90
7.2. Fabbisogni degli animali	91
7.2.1. Fabbisogni di mantenimento	93
7.2.2. Fabbisogni di accrescimento	95
7.2.3. Allattamento	97
7.3. Fabbisogni di ingrasso	100
7.4. Fabbisogni per la produzione del latte	102
7.4.1. Esigenze per la produzione del latte nei bovini	113
7.4.2. Modalità di somministrazione degli alimenti	115
7.4.3. Esigenze nutritive per la produzione del latte nella pecora	118
7.4.4. Esigenze nutritive per la produzione del latte nella capra	120
7.5. Fabbisogni per la riproduzione e lo stato di gravidanza	123
7.6. Fabbisogni per prestazioni dinamiche	125
7.7. Fabbisogni per la termoregolazione	127
CAP. VIII. DISMETABOLIE LEGATE AD ERRORI ALIMENTARI	127
8.1 Dismetabolie dei ruminanti	134
8.2 Principali disturbi degli equini dovuti all'alimentazione	137
CAP. IX. ALIMENTI PER IL BESTIAME	137
9.2 Classificazione degli alimenti	137
9.2. Foraggi di leguminose	138
9.3. Foraggi di crucifere	139
9.4. Foraggi dei prati polifiti	140
9.5. Foraggi di erbai	140
9.6. Radici e tuberi	141
9.7. Pascoli	142
9.7.1. Tecniche di pascolamento	144
9.8. Foraggi insilati	146
9.9. Fieni	147
9.9.1. Disidratazione artificiale dell'erba	148
CAP. X. PRODOTTI COMPLEMENTARI E SOTTOPRODOTTI	153
CAP. XI. MANGIMI CONCENTRATI	
11.1 Mangimi di origine vegetale	153
11.2. Mangimi di origine animale	159
11.3. Sostanze tossiche o antinutritive presenti negli alimenti	163
CAP. XII. INTEGRATORI E ADDITIVI	164
ESERCIZI	166
TABELLE	180

