

# .....*Alleva*.....

M A G A Z I N E

PARMIGIANO  
REGGIANO

Numero 96 - 30 aprile 2026

Dal ruminante alla mammella: come  
il *microbiota* condiziona *salute e latte*.

SPUNTI TECNICI PER I PRODUTTORI DI LATTE  
PER IL PARMIGIANO REGGIANO

A cura del Consorzio del Parmigiano Reggiano

la forza della passione  
**allevatori**  
periodico di informazione e aggiornamento tecnico-professionale **TOP**



È ormai assodato come il microbiota ruminale svolga un ruolo cruciale nella regolazione dello stress da caldo. Non solo: sembrerebbe esistere un asse di comunicazione tra ruminante e mammella in grado di influenzare la salute e la funzionalità di tale ghiandola

# Pronto mammella? Qui è il ruminante

di Andrea Roberti

Diversi studi hanno dimostrato come esista una **forte correlazione** tra il **microbioma ruminale** e una serie di **caratteristiche produttive** quali, ad esempio, l'efficienza alimentare, la resa casearia e la qualità del latte. Le dinamiche di tipo causa-effetto che si trovano alla base di tale interazione sono tuttavia ancora poco studiate. Le nuove tecnologie molecolari e le biotecnologie applicative quali lo studio dei metaboliti (metabolomica), della composizione della flora gastrointestinale (microbioma) e dell'attivazione di specifici geni (trascrittomica) possono fornire la base per approfondire la conoscenza di tale relazione. Del resto è sempre più chiaro come l'insieme dei microrganismi ruminanti sia in grado di interagire a tre livelli: con l'alimento, con gli altri microrganismi presenti nell'intestino ma anche direttamente con l'organismo animale (in questo caso la bovina) che li ospita.

La bovina, essendo un ruminante, vive in una relazione simbiotica con il suo microbiota ruminale. Ingerendo l'alimento, essa fornisce nuovi substrati ai propri microrganismi, che a loro volta producono nutrienti preziosi attraverso la fermentazione e costituiscono a loro volta una fonte di nutrienti. La composizione microbica del ruminante è fortemente determinata dalla composizione del mangime e dei foraggi, nonché dal modello di assunzione (frequenza, quantità) oltre che dalla salubrità e dalla presenza di fattori anti-nutrizionali quali le micotossine.

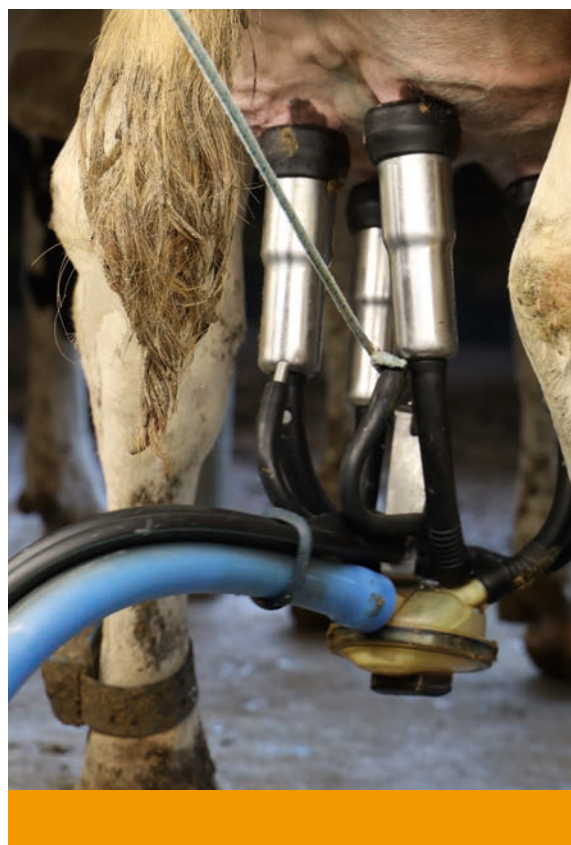
## Un ruminante, due popoli

È stato dimostrato e descritto, grazie alle nuove tecniche di sequenziamento e fingerprinting del Dna, come l'insieme dei microrganismi ruminali si differenzi in due grandi popolazioni: un microbiota centrale e un microbiota variabile (Henderson e coll., 2015).

Il microbiota centrale è costituito da diversi gruppi di microrganismi, la cui abbondanza aumenta o diminuisce a seconda della dieta somministrata (Henderson e coll., 2015). Esso costituisce, quindi, un elemento chiave nella strategia di sopravvivenza dei ruminanti, consentendo un adattamento rapido e appropriato alle nuove diete.

Il microbiota variabile o individuale è invece il risultato di variazioni inter-animale in termini di attributi comportamentali e genetici, nonché di influenze ambientali (Malmuthuge e coll., 2017). Diversi studi hanno dimostrato l'esistenza di interrelazioni tra variabili di produzione come l'efficienza alimentare, la produzione e composizione del latte (Lima e coll., 2015) e detta parte variabile del microbiota del ruminante.

Gli squilibri del microbiota compromettono la barriera mucosale intestinale, consentendo ai batteri e ai loro metaboliti di raggiungere la ghiandola mammaria attraverso vie endogene, influenzando la salute e la funzionalità mammella



## Assi di comunicazione

- **Asse intestino-rumine-mammella.** Studi recenti hanno proposto il concetto di asse intestino-rumine-ghiandola mammaria, suggerendo che le sostanze prodotte dai batteri ruminali migrano verso la ghiandola mammaria attraverso vie endogene, come il sangue o la circolazione linfatica, regolando così la salute e la funzionalità della ghiandola mammaria (Hu e coll., 2024). Questo avverrebbe prevalentemente attraverso vescicole prodotte dai batteri che trasportano acidi nucleici, lipidi e che fungono da messaggeri (Aheget e coll., 2020).
- **Asse intestino-rumine-polmone.** Analogamente altri studi hanno identificato la relazione tra microbiota gastrointestinale della bovina e la salute del sistema respiratorio, e ricerche recenti hanno rivelato nuove intuizioni sull'asse intestino-polmone e sul ruolo regolatore del microbiota intestinale nel determinare la suscettibilità o la resistenza dell'ospite alle infezioni respiratorie (Wang e coll., 2025). Tipico è l'esempio di come interventi migliorativi del microbiota intestinale dei vitelli si traducano in un miglioramento della microflora polmonare e in una minore severità e prevalenza della patologia respiratoria.
- **Asse rumine-cervello.** La comunicazione intestino-cervello attraverso la rete neurale periferica è fondamentale per la regolazione della funzione digestiva locale e della fisiologia sistemica. Il microbiota intestinale, che produce un'ampia gamma di composti neuroattivi, è un modulatore fondamentale in questo dialogo. A differenza delle specie monogastriche, i ruminanti possiedono un compartimento gastrointestinale unico e denso di microbi, il rumine, che facilita la digestione di materiali vegetali fibrosi. Questi microbi ruminali sono probabilmente i principali responsabili del dialogo tra rumine e cervello. A differenza di alcuni composti neuroattivi derivati dai microbi prodotti nell'intestino posteriore, che vengono assorbiti in minima parte ed escreti principalmente nelle feci, quelli generati nel rumine possono raggiungere l'intestino tenue, dove vengono ampiamente assorbiti e influenzano il sistema nervoso centrale attraverso la regolazione sistemica, oltre alla via vagale. In tal modo, in caso di stress, il cervello invia segnali al sistema digestivo per esempio attraverso i nervi periferici, ma il rumine può modulare gli effetti del sistema nervoso attraverso la produzione di specifiche sostanze come gli acidi grassi volatili.

Questa interazione potrebbe però spingersi anche ad aspetti di resilienza e di salute grazie a sofisticati sistemi di comunicazione tra i microrganismi del rumine e gli altri organi della bovina. Esistono infatti almeno tre vie di comunicazione (assi: vedi box) tra microbiota, ovvero l'insieme dei microrganismi (batteri, funghi, virus) che vivono in simbiosi nella bovina, specialmente nell'intestino e nel rumine, e altri organi quali mammella, polmoni e cervello. Tale insieme di microrganismi svolge funzioni vitali come la digestione e la difesa immunitaria ma è anche in grado di inviare segnali a distanza a diversi distretti della bovina.

### Stress da calore

Lo stress da calore rappresenta una **sfida persistente e grave** per l'industria lattiero-casearia globale, con un impatto negativo sulla produttività animale e un aumento della morbilità e della mortalità, con conseguenti notevoli perdite economiche. Le bovine da latte sono maggiormente vulnerabili allo stress da calore a causa della produzione metabolica di calore durante la fermentazione ruminale e la sintesi del latte (Yang e coll., 2022). Le condizioni alle quali si sviluppa lo stress da calore nella bovina non riguardano solo la temperatura, ma anche l'umidità relativa; questi due parametri sono come noto combinati in un parametro fondamentale per valutare lo stress termico definito come THI (Temperature Humidity Index).

Recenti ricerche hanno riportato che le bovine da latte possono soffrire di stress da calore quando il THI è superiore a 68,0 (Burgos-Zimelman e coll., 2011). Molti studi hanno inoltre dimostrato che **lo stress da calore riduce significativamente la produzione e la qualità del latte**, innesca una risposta infiammatoria sistemica, riduce la funzione immunitaria, induce stress ossidativo e contribuisce a disturbi metabolici, a danni cellulari (Lemal e coll., 2023), e ad alterazioni nella qualità del latte e della salute mammaria.

Tabella 1

**Effetto degli esosomi batterici su diversi organi della bovina da latte in condizioni di stress da calore**

In condizioni di stress da calore, le vescicole extracellulari riducono l'accumulo di specie reattive dell'ossigeno delle cellule della granulosa e migliorano la funzione mitocondriale alleviando gli effetti negativi dello stress da calore sulle cellule follicolari e sugli embrioni bovini	Menjivar e coll., 2023
La concentrazione di esosomi nel fluido dell'ovidotto delle bovine può essere correlata alle variazioni della fertilità indotte dallo stress da calore (THI 78,4)	Stamperna e coll., 2022
Gli esosomi svolgono un ruolo chiave nella crescita del tessuto mammario bovino e nella sintesi del latte	Wang e coll., 2022
Gli esosomi sono essenziali per il mantenimento della normale funzione fisiologica delle cellule epiteliali mammarie bovine e per la regolazione della sintesi di grassi e proteine nel latte	Wang e coll., 2022
La diminuzione degli esosomi derivati dal siero aggrava il danno delle cellule epiteliali mammarie indotto dallo stress termico, esacerba l'apoptosi e lo stress ossidativo, e inibisce la sintesi di grassi e proteine del latte	Huang e coll., 2024

**Abbondanza relativa**

La composizione del microbiota ruminale gioca un ruolo fondamentale nello stress da calore nelle bovine da latte (Kim e coll., 2022).

Il rumine funge da organo digestivo colonizzato da diverse comunità microbiche fondamentali per aiutare le bovine da latte nella digestione degli alimenti e nell'apporto di nutrienti, influenzando le loro funzioni endocrine, immunitarie, metaboliche e delle ghiandole mammarie attraverso i prodotti metabolici (Park e coll., 2022). Ma come si ripercuotono le modificazioni della flora ruminale sulla mammella? E soprattutto come agiscono sulla mammella le alterazioni della flora ruminale indotte dallo stress termico?

In condizioni di stress da calore l'abbondanza relativa di alcune tipologie di batteri tende a variare: per esempio i *Bacteroidetes* ruminanti aumentano mentre i Firmicutes diminuiscono (Park e coll., 2022).

Contemporaneamente, lo stress da calore aumenta l'abbondanza relativa di batteri produttori di lattato (ad esempio, *Streptococcus* ed *Enterobacteriaceae*) e riduce quella di batteri produttori di acetato (ad esempio, Acetobatteri). Questi squilibri nel microbiota intestinale/ruminale compromettono la barriera mucosale intestinale, consentendo ai batteri e ai loro metaboliti di raggiungere la ghiandola mammaria attraverso vie endogene (come la circolazione sanguigna o linfatica), influenzando la salute e la funzionalità della ghiandola mammaria (Hu e coll., 2024). Pertanto, l'asse intestino-rumene-ghiandola mammaria **contribuisce in modo significativo all'insorgenza e allo sviluppo delle patologie mammarie**.

**Oltre la mammella**

Recentemente sono emersi altri dati interessanti (Huang e coll., 2024): lo **stress da calore** sembrerebbe infatti impattare non solo sulla mammella ma anche su altri organi sempre attraverso le modifiche apportate alla microflora ruminale. Quando la microflora ruminale si modifica sotto l'effetto dello stress termico, la stessa invia messaggi agli organi della bovina attraverso la produzione di messaggeri sotto forma di micro-vescicole chiamate "esosomi". Questi ultimi possono sia regolare la funzione della barriera ruminale e attraversare le cellule epiteliali ruminanti per entrare direttamente nella circolazione sanguigna e raggiungere tessuti distanti. Gli effetti di tali messaggeri sui vari organi sono riportati in tabella 1. \*