

Aspetti tecnologici e di sicurezza degli insilati per la filiera latte

La piramide alimentare bovina ha subito profonde modificazioni negli ultimi 50 anni. I foraggi verdi e i fieni hanno ceduto la loro tradizionale primazia agli insilati, specialmente al silomais. Tuttavia non c'è dubbio che una cattiva tecnica di preparazione e di gestione dell'insilato si ripercuota negativamente sulla qualità e sulla sicurezza della filiera latte. La rassegna è suddivisa in due parti.

La presente riguarda gli insilati deteriorati da muffe e da batteri butirrifici

Alimenti fermentati e insilati

Oggi una vacca da latte consuma 20-30 kg o più di silomais al giorno per tutto l'arco dell'anno. Tale evoluzione alimentare si deve anzitutto a motivi economici: gli insilati – cioè i materiali vegetali acidificati per fermentazione lattica in un silo – garantiscono una continua disponibilità di unità foraggere a basso costo e possono permettere di ridurre l'impiego dei mangimi.

In realtà le fermentazioni alimentari erano in passato trasformazioni incontrollate, operate da microflore spontanee o “selvagge”, per cui gli esiti, del tutto aleatori, potevano variare dall'ottimo, al mediocre, al pessimo

e nocivo. Col passare dei secoli, l'esperienza artigianale e soprattutto le acquisizioni scientifiche, hanno permesso continui miglioramenti nella selezione delle colture starter e, in generale, nell’“addomesticamento” delle fermentazioni utili. Un simile progresso ha naturalmente riguardato la fermentazione degli alimenti per animali. Così, la primitiva tecnica dell'*infossamento* dei foraggi, già praticata dagli Egizi tra il 1500 e il 1000 a.C., è stata oggetto di un'infinità di studi e migliorie, evolvendosi nell'attuale *insilamento*. L'introduzione degli insilati nella razione del bestiame da latte è oggi una scelta difendibile da tutti i punti di vista, oltre che vantaggiosa sul piano economico. Altrettanto vero è però che tutte le conserve alimentari fermentate “al naturale” sono appetibili, sicure e salutari a patto che siano prodotte dai soli microrganismi “virtuosi”, escludendo cioè la presenza di flore indesiderabili e/o dei loro prodotti tossici. Ed è proprio per questa ragione che l'attuale tecnica d'insilamento si basa su due fondamentali postulati:

- ❶ la buona qualità dell'insilato è positivamente correlata alla crescita rapida e vigorosa dei batteri lattici (LAB) nella massa foraggere in anaerobiosi, ovvero alla rapida caduta del pH;
- ❷ la crescita di microflore “non-LAB” (bat-





Tabella 1. Alcuni parametri analitici di fermentazione inerenti il silomais

Parametro	Valore accettabile
pH	< 4,0
N ammoniacale/N totale	< 10%
Acido lattico/S.S.	4-5%
Acido acetico/S.S.	< 2%
Acido propionico/S.S.	< 0,2%
Acido butirrico/S.S.	< 0,1%
Etanolo/S.S.	< 0,5%
Lieviti	< 10 ⁵ /g
Muffe	< 10 ⁵ /g
<i>Bacillus</i> spp.	< 10 ⁵ /g
Spore di BAB	< 10 ⁴ /g

teri non-lattici, lieviti e muffe), in qualunque momento della conservazione o della distribuzione dell'insilato agli animali, dev'essere scongiurata, in quanto implica deterioramenti e perdite di appetibilità e di valore nutritivo del foraggio, con probabili rischi sanitari per il bestiame e problemi qualitativi e/o di sicurezza per la filiera latte.

In ogni caso, prima di somministrare l'insi-

lato agli animali, bisogna sempre verificare la buona qualità. Un giudizio abbastanza oggettivo dell'andamento fermentativo – e quindi della sicurezza e della qualità dell'insilato – comporta l'esecuzione delle analisi elencate in tabella 1.

Insilati e filiera latte

In realtà il latte crudo, benché prodotto da animali non affetti da agenti di zoonosi e/o mastite, viene sempre e comunque contaminato da una miriade di microrganismi che provengono da una molteplicità di fonti: l'impiego o meno degli insilati non rappresenta quindi che una tessera di questo mosaico. I microrganismi che si trovano inizialmente nell'insilato sono costituiti da una frazione della microflora epifitica e, probabilmente, endofitica, a cui si aggiunge, nel corso della raccolta e dell'insilamento, una quantità più o meno rilevante di microflora inquinante di varia provenienza. La superficie fogliare è colonizzata soprattutto da batteri – 10⁶-10⁷ UFC/cm² – ma anche da lieviti, muffe parassite, microaliche e rispettive spore. A sua volta, la microflora endofitica è composta da batteri, attinomiceti e funghi che colonizzano i tessuti vegetali senza causare malattie apparenti. Tuttavia, se la fermenta-

tazione dell'insilato procede normalmente, la moltiplicazione dei LAB determina una veloce caduta del pH a valori in grado d'inibire le crescite microbiche indesiderabili e deterioranti.

***Aspergillus* spp. e aflatossina M₁**

Varie specie di muffe possono attaccare le colture foraggere. Alcune, quali *Epichloe* spp. e *Neotyphodium* spp., possono associarsi mutualisticamente alla pianta come endofiti, senza causare danni apparenti ma rilasciando comunque alcaloidi tossici. Altre, quali *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp., possono sia parassitare i foraggi in campo, sia crescere saprofiticamente nei prodotti agricoli immagazzinati, nelle parti della massa in cui la tensione d'ossigeno lo consente, elaborando una molteplicità di micotossine. In aggiunta, le piante si difendono dagli attacchi parassitari producendo varie fitolessine, sostanze che a loro volta possono influenzare lo stato di salute e la produttività del bestiame. In ordine alla presenza di micotossine, tra gli alimenti zootecnici più a rischio si annoverano i cereali, i semi di oleaginose, i prodotti o sottoprodotti dei mulini e degli oleifici (farine, crusche, panelli, farine di estrazione ecc.), nonché i mangimi completi e gli stessi insilati. Si spiega così l'allarmante frequenza delle "micotossicosi" animali che possono manifestarsi con sintomi acuti (ivi compresi cancro e morte) ma, più comunemente, con una sintomatologia cronica, dovuta a un'esposizione prolungata a livelli moderati di tossine: infertilità, immunodepressione e caduta quanti-qualitativa delle produzioni animali. In più, alcune micotossine e i loro metaboliti potrebbero entrare nella catena alimentare e in tal caso, alle perdite economiche derivanti all'industria di trasformazione, occorre aggiungere i possibili danni alla salute dei consumatori. Tuttavia, malgrado questo quadro poco rassicurante, l'unico effettivo rischio di intossicazione da micotossine per il consumatore di latte, o di derivati del latte, è dovuto alla possibile presenza di aflatossina M₁ (AFM₁), sostanza cancerogena fortemente termostabile. L'AFM₁ è un metabolita epatico idrossilato dell'aflatossina B₁ (AFB₁). Quest'ultima, nella razione della latifera, è principalmente veicolata dai cereali (granella di mais, in particolare), dai semi

oleosi (cotone, soia e arachidi in particolare) e dai rispettivi derivati colpiti da *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*. L'AFM₁ ha la stessa tossicità acuta della AFB₁, ma la sua cancerogenicità è almeno 10 volte più bassa. Tuttavia la sua concentrazione nei formaggi a pasta dura potrebbe superare di 5-6 volte quella del latte di partenza. Si calcola che l'attuale limite legale di AFM₁, pari a 0,050 µg/kg di latte (o 50 ng/kg, o 500 ppt, reg. UE n. 165/2010), possa essere oltrepassato se la vacca consuma più di 40 µg di AFM₁/giorno, ma fortunatamente la presenza nel latte di tale tossina si può azzerare in 2-3 gg ripristinando un'alimentazione normale. Gli insilati di mais, ovvero il trinciato integrale di mais (silomais) e il pastone di granella, possono veicolare AFM₁ in due casi, entrambi più frequenti nelle estati torride:

- quando la coltura in campo è colpita dalle sopra-citate specie di aspergilli, e in tal caso qualunque destinazione alimentare della pianta (e delle sue parti) è da escludere;
- quando tali miceti possono crescere nelle zone dell'insilato esposte all'aria.

Controllo

A livello d'insilamento, le operazioni che governano il grado di anaerobiosi, ovvero la trinciatura minuta, la forte compressione del foraggio nel silo, la copertura a tenuta d'aria, la ridotta esposizione all'ossigeno in fase di apertura e desilamento, rappresentano anche per le muffe essenziali CCP. Secondo l'EFSA (2011) sussistono invece dubbi sull'efficacia antifungina dell'acido propionico (E 280) o dei suoi sali (E 281-284), che sono talvolta applicati nello strato superiore della massa insilata (dosaggio medio 0,2-0,5%). Ovviamente occorre escludere dalla razione del bestiame i raccolti danneggiati da attacchi fungini, così come le parti ammuffite degli insilati (e quelle a esse adiacenti), nonché i fieni e i mangimi ammuffiti o contenenti quantità illegali di micotossine. In ogni caso è vietato mescolare le partite di alimenti, o di latte, per diluire le sostanze tossiche veicolate (reg. CE n. 1525/98). L'AFM₁ è resistente a qualsiasi trattamento termico applicato al latte.

Batteri sporigeni

I batteri sporigeni, principalmente *Clostridium* spp. (batteri anaerobi) e *Bacillus* spp.

Accorgimenti igienici e tecnici per una corretta preparazione degli insilati

1. In fase d'insilamento:

- sanificare il silo vuoto prima di riempirlo nuovamente;
- insilare foraggio indenne da attacchi parassitari, al giusto tenore di sostanza secca;
- raccogliere la parte meno contaminata della pianta, recidendola ad almeno 7 cm dal suolo;
- evitare di introdurre terra, letame, liquame e spoglie organiche nel silo;
- trinciare a particelle corte e inoculare LAB starter omofermentanti a dosaggio elevato (106 UFC/g foraggio);
- comprimere fortemente il materiale insilato per espellere l'ossigeno;
- sigillare ermeticamente il silos coprendolo con un telo plastico impermeabile all'aria e opaco.

2. In fase di fermentazione e conservazione:

- monitorare l'andamento della temperatura in vari punti/profondità della massa foraggera;
- verificare la costante integrità della copertura e richiudere le eventuali fessure.

3. In fase di apertura/desilamento:

- silos a trincea: asportare ogni giorno – con taglio verticale netto – un fronte di almeno 10 cm in inverno, 20 cm in estate (30 e 60 cm rispettivamente nel caso di pastone di granella), scoprendo l'insilato il meno possibile e ricoprendo il fronte tagliato con il telo in caso di pioggia;
- balloni fasciati: assicurare il consumo del ballone entro 3 giorni.

(batteri aerobi o anaerobi facoltativi), sono tipici organismi terricoli. Il suolo, lo sterco e i liquami costituiscono, per i foraggi, le fonti primarie d'inquinamento da spore batteriche (e relative cellule vegetative).

Spore e cellule vegetative sono quindi ingerite dall'animale e si ritrovano in abbondanza nelle feci, ritornando così nel terreno.

Clostridi butirrici

Un tipico deterioramento del foraggio insilato che può ripercuotersi negativamente sulla filiera latte è provocato dalla fermentazione butirrica, cioè dalla moltiplicazione dei "clostridi butirrici" o BAB (*butyric acid bacteria*). I BAB sono batteri sporigeni anaerobi non patogeni, divisi in due gruppi:





saccarolitici e proteolitici. I clostridi saccarolitici, che includono i sottogruppi del *Clostridium butyricum* (incluso *Cl. beijerinckii*) e del *Cl. tyrobutyricum*, possono attaccare i carboidrati e l'acido lattico (prodotto dai LAB), mentre hanno debole attività proteolitica. La specie *Cl. tyrobutyricum* è la più dannosa, sia per la sua maggiore acido-tolleranza (può crescere sino a pH 4,5), sia per la capacità di fermentare l'acido lattico, che dissimila in acido butirrico, acido acetico e gas (CO_2 e H_2), alzando il pH dell'insilato. I clostridi proteolitici (*Cl. sporogenes* e *Cl. bifementans*) possono crescere in metabiosi ai clostridi butirri, quando il pH dell'insilato supera il 5,0. Queste specie attaccano scarsamente i carboidrati, preferendo idrolizzare le proteine e fermentare gli aminoacidi in vario modo, liberando acidi organici, CO_2 e H_2 , ma anche una gamma di composti azotati maleodoranti e tossici, quali ammoniacata, amine biogene, fenoli ecc.

Il suolo e i vegetali in decomposizione sono gli habitat naturali di *C. tyrobutyricum*. Nel foraggio in campo, le piogge e gli schizzi di fango favoriscono la contaminazione delle parti basse della pianta foraggera con le endospore dei clostridi. In fase di carica-

mento e di compressione del silo a trincea, le ruote delle trattori possono aggiungere altra terra e/o materia fecale (liquame o letame), ovvero altre endospore al foraggio. Tuttavia dopo l'insilamento, per poter germinare, queste spore necessitano di un'attività dell'acqua piuttosto elevata ($\text{Aw} > 0,94$), una bassa tensione d'ossigeno e la presenza di specifici "elicitori" della germinazione, quali l'acetato e l'ammonio (ioni entrambi presenti nei vegetali in fermentazione). Pertanto i clostridi crescono tipicamente negli insilati umidi e sporchi di terra e/o di letame, quando i foraggi sono raccolti sotto la pioggia o in stadi fenologici giovanili (tenore di SS < 35% e carenza di zuccheri fermentescibili) e il pH non cade rapidamente a valori d'inibizione (pH < 4,5). Il numero di spore di BAB nell'insilato varia da un minimo 10-100/g (numero assimilabile alla contaminazione del foraggio appena raccolto), sino a 10^6 - 10^7 /g in insilati con intensa fermentazione butirrica. Le spore di BAB si ritrovano anche in forte numero (> 10^5 /g) nelle zone che presentano ammuffimento o altro deterioramento aerobico, dove coprono le nicchie in cui la microflora aerobica ha consumato l'ossigeno e gli acidi di organici. Gli insilati avariati dai clostridi, o "insilati butirri", si caratterizzano per il pH ipoacido (> 5,0) e l'elevato tenore di acido butirrico (> 5 g/kg S.S.), di azoto ammoniacale ($\text{N-NH}_3 > 10\%$ N tot.) e di amine biogene, per cui sono alimenti scarsamente appetiti e di basso valore nutritivo, oltre che dannosi per la salute del bestiame: pertanto la prima conseguenza del loro impiego può essere una caduta quanti-qualitativa della produzione lattea. In aggiunta, gli insilati butirri rappresentano, per il latte, la fonte principale d'inquinamento da endospore di BAB. Esiste una relazione diretta tra il numero di queste spore nell'insilato, nello sterco e nel latte della lattifera, dato che, nella stalla, i capezzoli degli animali coricati s'imbrattano di escrementi (tanto più pesantemente quanto più elevata è la densità animale) e i microrganismi da questi veicolati non sono del tutto eliminati dai trattamenti antisettici pre-mungitura. Se nel latte usato per la caseificazione sono presenti 500-1000 spore di *Cl. tyrobutyricum* per litro è probabile che un numero significativo di esse riesca a germinare durante la

stagionatura del formaggio, sino a causare il difetto del "gonfiore tardivo" (occhiature e fenditure di varia gravità, dovute al rilascio di CO_2 e H_2), accompagnato da alterazioni sensoriali (aroma di rancido). Anche le spore di *Cl. sporogenes* possono germinare nel formaggio e provocare lo stesso tipo di difetto, con l'aggravante della proteolisi e della putrefazione. Le spore di *Cl. butyricum* possono invece germinare molto più rapidamente, causando nel formaggio il "gonfiore precoce".

Controllo

Rispetto ai batteri lattici (LAB), i BAB e gli altri clostridi necessitano una ridotta tensione di ossigeno, con un'Aw e un pH più elevati. Pertanto un buon controllo delle spore di clostridi nell'insilato può essere ottenuto:

- insilando foraggio sufficientemente disidratato ($\text{Aw} < 0,94$);
- limitando la contaminazione del foraggio con terra, liquame, sterco e resti organici in genere;
- inoculando idonei LAB starter in numero elevato (almeno 10^9 UFC/kg materiale insilato);
- attuando tutte le pratiche che favoriscono la crescita dei LAB inoculati e l'abbassamento precoce e rilevante del pH nell'insilato.

Un altro aspetto da considerare è il tenore di nitrati del foraggio, che ha una valenza sia negativa – a causa della tossicità di tali composti per il bestiame quando sono presenti in quantità elevata – sia positiva, in quanto il nitrato, nel corso della fermentazione, è dissimilato in nitrito e in ossido nitrico, cioè in prodotti che contribuiscono fortemente a inibire i clostridi nello stadio fermentativo iniziale, quando il pH del foraggio non ha ancora raggiunto il livello di sicurezza microbiologica. Da ultimo ricordo che la carica di spore nel latte può essere comunque abbattuta tramite filtrazione a membrana e/o bactofugazione, con riduzioni del 90-99%. In aggiunta è possibile prevenire la crescita degli sporogeni nel formaggio con additivi, quali il lisozima (E1105) e la nisina (E 234), in grado di uccidere le cellule vegetative, rischiando però di inibire le stesse fermentazioni lattiche "virtuose".