

Formaggi da latte di bufala. Aspetti microbiologici e tecnologici

Dopo la giornata dedicata dall'Accademia dei Georgofili all'allevamento bufalino in Italia¹, oggi dedichiamo una nuova tornata ai formaggi DOP italiani. Nell'ambito di questa giornata di studio, vorrei esaminare, sotto nuove prospettive, alcune delle problematiche all'epoca esposte, che tuttora interessano la produzione Mozzarella di Bufala Campana DOP, se si vuole che il mercato di questo formaggio tipico si espanda nella stessa misura in cui si espande la produzione.

La trasformazione del latte di bufala, realizzata secondo regole empiriche – come ancora propone e impone il Disciplinare di produzione – per garantire la corrispondenza al prodotto fresco tradizionale, si rivela oggi desueta e richiederebbe l'elaborazione di un nuovo Disciplinare con sostanziali modifiche per conseguire i seguenti obiettivi:

- a. valorizzare al meglio la sostanza secca del latte con miglioramento della resa di trasformazione;
- b. automatizzare il processo produttivo per garantire al massimo igiene e sicurezza;
- c. standardizzare il prodotto ai massimi livelli della "qualità";
- d. ridurre gli scarti di lavorazione per minimizzare l'impatto ambientale;
- e. coniugare i valori sensoriali con quelli nutrizionali;
- f. conservare aroma e sapore del prodotto immerso nel liquido di governo;
- g. trovare sistemi alternativi per allungare la vita commerciale del prodotto.

* *Istituto di Scienze dell'Alimentazione del C.N.R., Avellino; già Università di Napoli Federico II*

¹ *L'allevamento bufalino in Italia. Ieri oggi e domani*, «I Georgofili. Quaderni», 1998-IV, Giornata di Studio, Firenze, 30 aprile 1998.

TRATTI CARATTERISTICI DELLA TECNOLOGIA DELLA MOZZARELLA DI BUFALA CAMPANA

Il latte crudo, termizzato o pastorizzato, è addizionato di siero-innesto della lavorazione precedente. La cagliata si ottiene con caglio di vitello, in seguito rotta alle dimensioni di una noce. La pasta, sotto siero, acidifica fino al punto di rottura, dopo di che si pone in mastelli con acqua bollente per il processo di filatura. A questo punto il casaro provvede alla mozzatura nelle varie forme di formaggio, dando loro la classica forma tondeggiante, o a ciliegia o a treccia. La trasformazione è seguita dalla salatura del formaggio per immersione in salamoia².

PROBLEMATICHE MICROBIOLOGICHE E TECNOLOGICHE DELLA MOZZARELLA DI BUFALA CAMPANA DOP

La tecnologia di trasformazione del latte in Mozzarella di Bufala DOP è descritta nel Disciplinare sostanzialmente come quella di un formaggio antico ottenuto con operazioni eseguite quasi interamente manualmente, anche se in molti punti è indicata l'opzione meccanica. Con questo modo di procedere, all'epoca, e non solo in Italia, si è voluto creare l'immagine di prodotti, ammantati da un'aura magica, legati a un ambiente particolare di allevamento di bufala della razza Mediterranea italiana che produce latte con caratteristiche particolari, la cui trasformazione ha luogo in un'area determinata e caratterizzata da una perizia riconosciuta e constatata. Queste caratteristiche sono dovute all'ambiente geografico, comprensivo di fattori naturali e umani (Regolamenti CEE n. 2081/92 e 2082/92). Oggi, la tecnologia di lavorazione ha subito una progressiva riduzione della manualità: rottura, smiuzzamento, filatura della cagliata e formatura del formaggio sono ottenuti con mezzi meccanici. Raffreddamento e confezionamento sono anch'essi compiuti con mezzi meccanici. L'effetto complessivo è stato il miglioramento delle caratteristiche igienico-sanitarie del prodotto finito. Per raggiungere gli ambiziosi obiettivi indicati sotto i punti a-g, sarebbe necessario intervenire su alcune fasi della tecnologia tradizionale introducendo innovazioni di processo, trovare soluzioni innovative per il prolungamento della *shelf life* del prodotto nel liquido di governo, trovare sistemi di spedizione alternativi che prevedano la sua eliminazione. Un percorso lungo che avrebbe bisogno di

² Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Provvedimento 11 febbraio 2008.

nuova sperimentazione e ricerca e, soprattutto, di un processo di accompagnamento da parte dell'autorità nazionale preposta al coordinamento dell'attività di controllo e di vigilanza delle denominazioni di origine dei formaggi DOP. Adattare le nuove esigenze della distribuzione alla tradizione e all'immagine di un formaggio nato all'ombra del mito della Magna Grecia potrebbe significare, però, integrare con nuove inclusioni normative il Disciplinare vigente. Questo significa che se un produttore apporta una minima modifica al Disciplinare di Produzione si pone fuori la denominazione DOP. Questo è già successo nel passato nel caso di altre varietà di formaggio DOP italiano per modifiche anche minime del disciplinare (ad es., termizzazione del latte). Questo è quello che immagino possa succedere nel caso fossero introdotte nel disciplinare alcune innovazioni, formali o sostanziali.

Vorrei riassumere il profilo di produzione del formaggio – quale descritto dal disciplinare di produzione vigente – ed esaminarne, secondo la mia parziale visione, i punti deboli.

I punti critici più importanti da esaminare in dettaglio nella produzione della Mozzarella di Bufala Campana, fonte di grande variabilità della qualità e della composizione del prodotto, sono i seguenti:

- siero-innesto naturale, e sua preparazione;
- tecnologia di filatura della pasta;
- uso e composizione del liquido di governo per la spedizione del formaggio;
- temperatura di conservazione del formaggio nello scaffale.

SIERO-INNESTO NATURALE

Nel caso del caseificio di bufala, il siero-innesto naturale contiene una microflora lattica termofila e mesofila, altri microrganismi contaminanti insieme a lieviti e muffe. In tabella 1 viene riportata la composizione microbiologica di alcuni campioni di siero-innesto prelevati in caseifici della zona tipica di produzione.

La letteratura sul siero-innesto

Esiste una scarsa letteratura scientifica sull'argomento: una ricerca su *Cilea Science Server* con le parole «natural whey starter» fa rinvenire solo 11 riferimenti bibliografici. Questo è segno del poco interesse scientifico e applicativo che desta l'uso del siero-innesto, definito naturale, perché prevede la

MICROFLORA	ufc/ml (MIN-MAX)
Streptococchi termofili	$1 \times 10^7 - 2,3 \times 10^8$
Lattococchi	$5,0 \times 10^7 - 1,2 \times 10^8$
Lattobacilli termofili	$1,3 \times 10^8 - 2,3 \times 10^8$
Lattobacilli mesofili	$3,5 \times 10^7 - 9,6 \times 10^7$
Lieviti	$1,6 \times 10^5 - 5,5 \times 10^6$
Coliformi totali	$< 10 - 1,2 \times 10^3$

Tab. 1 *Caratteristiche del siero-innesto naturale (Carminati, 1997, risultati non pubblicati)*

moltiplicazione della microflora lattica presente nel siero della lavorazione precedente. L'aggiunta di questa preparazione (senza indicazione dei modi di incubazione) modifica comunque l'ecosistema della microflora del latte crudo di bufala per cui in caldaia diventano dominanti i batteri lattici apportati dall'innesto.

È vero che il momento ottimale per la filatura è giudicato con un test empirico ma seguendo l'evoluzione dell'acidità nel siero e nella cagliata esso può essere colto perfettamente come indicato dalla freccia in figura 1.

Seguendo la manualità del casaro in sette caseifici si sono osservati tempi d'inizio della filatura estremamente diversi (fig. 2), segno di una diversa maturazione della cagliata – diminuzione di pH a causa – secondo noi – della forza dell'innesto aggiunto in caldaia. È così, per tutte le nostre varietà di formaggio che, escluso il Pecorino Toscano, per ragioni storiche utilizza fermenti lattici selezionati presenti nella ceppoteca del Consorzio.

Nel caso del caseificio di bufala, con l'uso di siero-innesto naturale, conducendo la maturazione della cagliata a temperature tra 36 °C e 39 °C, l'inizio della filatura della pasta avveniva tra 200 e 250 minuti dall'inizio della caseificazione, indice di una diversa cinetica di maturazione della cagliata, cioè di una minore o maggiore produzione di acido lattico nelle caldaie, che determinava tempi di lavorazione diversi. Questa la prima osservazione: una diversa densità batterica che influisce sui tempi di lavorazione. Ciò è conseguenza della diversa quantità di siero-innesto utilizzata o – a parità di volume di siero-innesto utilizzata – della diversa carica batterica lattica del siero-innesto.

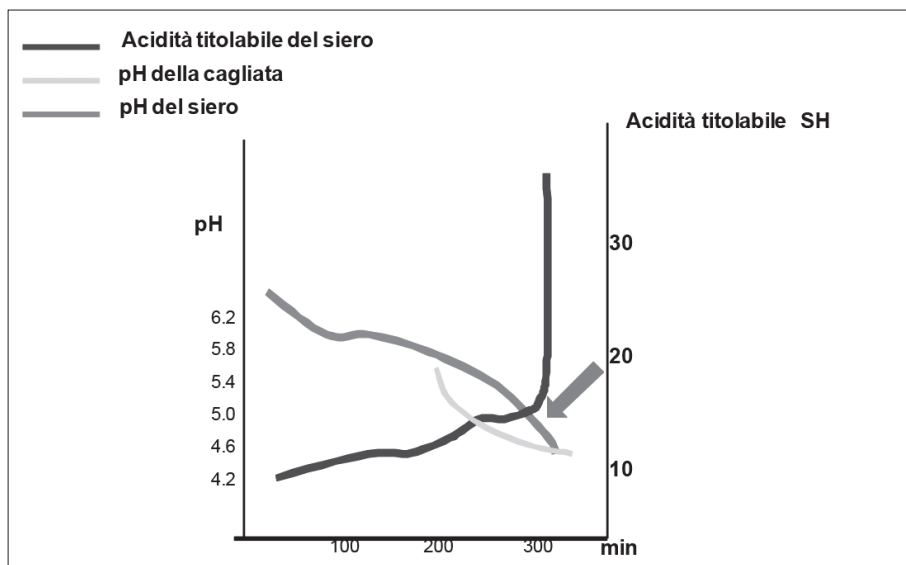


Fig. 1 *Evoluzione dell'acidità titolabile e del pH del siero e della cagliata durante la fase di maturazione sotto siero*

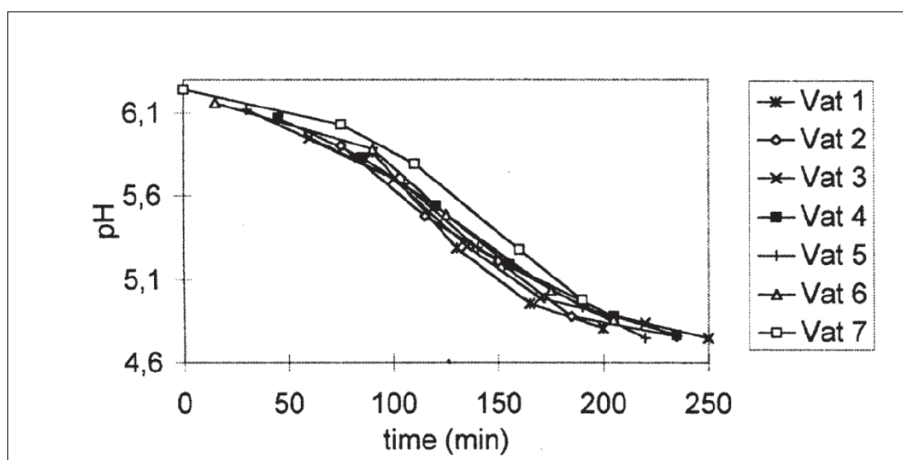


Fig. 2 *Variazione del pH durante la maturazione della cagliata in sette lavorazioni di mozzarella di bufala*

All'estero cosa succede? I Consorzi interprofessionali hanno promosso studi – come nel caso del Pecorino Toscano – che hanno portato alla caratterizzazione e all'isolamento di ceppi di batteri lattici dominanti nel caso delle

singole varietà di formaggio. I Consorzi dispongono spesso di collezione di batteri lattici. La collezione privata, composta da diverse specie batteriche, è messa a disposizione degli associati.

Nel caso del formaggio Abondance, dal 2004, quattro ceppi di *Lactobacillus delbrueckii* spp. *delbrueckii* della collezione di batteri lattici del Consorzio «sono messi a disposizione degli associati sia sotto forma di coltura naturale congelata o di liofilizzato (ABO Iyo II). Quattro ceppi sono vivamente consigliati per l'innesto in questa varietà di formaggio. Per tutte le altre specie di batteri lattici isolati dalla filiera lattiero-casearia del formaggio Abondance, non disponibili presso il Consorzio, gli associati si possono fornire presso i produttori di fermenti (<http://www.fromageabondance.fr/pdf/Liste-ferments.pdf>)». Un caso storico, risalente agli anni '74-'75, a opera dell'iniziativa del grande microbiologo Germain Mocquot, direttore di Dipartimento all'INRA di Jouy en Josas, che, per ovviare alle fallanze che avvenivano per il Comté, mise in atto una procedura di avanguardia per quell'epoca. Di questa resta traccia nel Disciplinare del Comté: «Le sole aggiunte autorizzate sono: le colture selezionate da fermenti naturali del latte o selezionate incubate per un periodo di almeno 3 ore. È obbligatoria l'aggiunta di un fermento sviluppato su siero crudo. L'uso di colture di batteri lattici selezionati è autorizzato soltanto se la flora indigena del latte mantiene un ruolo preponderante. Dovrebbe essere fatto su terreno latte. Solo l'aggiunta di mesofili può essere fatta con ceppi non provenienti dai fermenti naturali del latte o fermenti selezionati, per incubazione di almeno 3 ore. Per i lattobacilli termofili, sono ammesse solo le colture su siero o su scotta» (http://www.comte.com/fileadmin/upload/mediatheque/documents_pdf/CDCComte_2013_06_03.pdf).

In Italia, questo modo di procedere è stato da almeno quattro lustri demonizzato. Il futuro dovrebbe prevedere una revisione sostanziale della problematica verso una più razionale e rispettosa considerazione delle esigenze della categoria del produttore di formaggio. In tal senso, s'intravede un cambiamento di rotta da parte del MIPAF. Nel grana padano, infatti, all'art. 5 del Disciplinare, finalmente è previsto che: «Nei casi in cui si dovesse riscontrare un valore di acidità di fermentazione del siero innesto a 24 ore inferiore a 26° SH/50ml è ammessa, fino ad un massimo di dodici volte all'anno, l'aggiunta di batteri lattici autoctoni, quali *Lactobacillus helveticus* e/o *lactis* e/o *casei*, all'inizio della preparazione del siero innesto per il giorno successivo».

Uno schema descrittivo della maturazione della cagliata sotto siero nei formaggi a pasta filata è indicato in figura 3.

La cagliata sminuzzata in granuli della grandezza di una noce è soggetta a una progressiva diminuzione di pH a seguito della formazione di acido

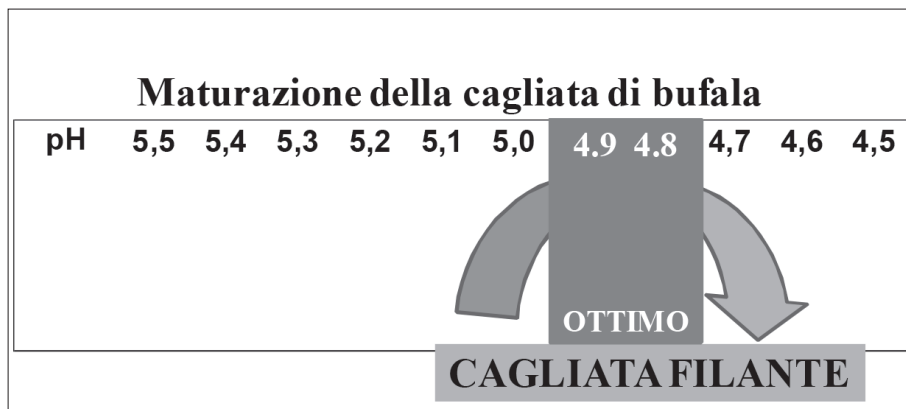


Fig. 3 Variazioni di pH registrati durante la maturazione della cagliata di bufala e valori ottimali ai quali corrispondono le migliori condizioni di filatura

Contenuto di calcio nella cagliata in funzione del pH					
pH	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6
Calcio nella cagliata (%)	65	35	25	15	5

Tab. 2 Diminuzione di calcio legato alla caseina che si riscontra nella cagliata a causa della progressiva diminuzione di pH

lattico per fermentazione del lattosio da parte dei batteri lattici. Per effetto di quest'acidificazione, la struttura e le caratteristiche reologiche della cagliata si modificano continuamente. La taglia delle micelle di caseina, nell'intervallo di pH da 5,5 a 4,6, si riduce anche di 5 volte e parallelamente aumenta l'attitudine alla filatura. Quando la cagliata è esposta al contatto con acqua calda o vapore produce una massa plastica liscia. Questa proprietà di filare aumenta progressivamente con la diminuzione di pH fino a 4,8-4,9, per poi decrescere ai valori di pH più acidi.

Al momento del coagulo, il 100% del calcio del latte si lega alla cagliata da cui è progressivamente rilasciato nel siero per diminuzione del pH. La cagliata "matura" per azione dell'acido lattico sulla cagliata calcica. L'effetto di quest'azione è il rilascio nel siero di ioni calcio da parte della cagliata il cui pH diminuisce progressivamente con la parallela acquisizione della capacità di plasticizzare in acqua calda o leggermente salata. Bisogna cogliere il pun-

to ottimale di demineralizzazione della cagliata per iniziare la filatura. Se la cagliata si demineralizza troppo, diventa sovra-matura, e fila male, con conseguente diminuzione di resa dovuta prevalentemente alla perdita di grasso nell'acqua di filatura.

Al netto, la riduzione del pH della cagliata promuove una serie di condizioni chimico-fisiche, che favoriscono la progressiva capacità delle fibre proteiche a elongarsi, cioè a raggiungere il giusto punto di filatura: la progressiva solubilizzazione del calcio legato alle micelle, l'aumento del rapporto calcio solubile/calcio colloidale e, infine, il massimo d'idratazione della caseina.

Nella categoria dei formaggi non DOP, questa lunga fase della maturazione della cagliata può essere raggiunta quasi istantaneamente, mediante una semplice pre-acidificazione del latte – in opportune condizioni – con acidi organici, portando il latte a un valore di pH 5,75-5,80.

A questo pH, pur con rapporto calcio colloidale/calcio solubile superiore, la cagliata fila con successo ottenendosi un prodotto più dolce, con caratteristiche reologiche simili alla Mozzarella tradizionale. La sola differenza è che partendo da latte pastorizzato, si ovvia a tutti i problemi d'inseminamento del latte con innesto a composizione batterica incognita: il prodotto è sano e sicuro, più dolce e più nutriente, per il maggior contenuto di lattosio. La maggior parte della Mozzarella bovina consumata nel mondo è prodotta con questa tecnologia.

In generale, però, utilizzando siero-innesto costituito da più specie batteriche e biotipi provenienti dal latte crudo, non contaminato da specie patogene, si produce il formaggio tradizionale DOP dalle ottime caratteristiche sensoriali. Sarebbe possibile pensare a una variante di Mozzarella di Bufala Campana, o a intermedi di lavorazione destinati a certi mercati esteri, preparati da latte pre-acidificato?

La procedura indicata nel disciplinare per la preparazione del siero-innesto

La procedura indicata nel Manuale di autocontrollo della produzione del Formaggio Mozzarella di Bufala Campana prevede – quasi letteralmente – i seguenti punti: «Il siero acido residuo all'estrazione della cagliata da due o più tini di coagulazione riunito in un apposito contenitore in acciaio viene raffreddato in cella a +4 °C, poi, quando necessario, lasciato a temperatura ambiente per qualche ora fino al raggiungimento dell'acidità desiderata. Il siero-innesto può essere raffreddato in cella a + 4 °C, fino al momento dell'impiego». Se si sottopone a un produttore di fermenti lattici in coltura

liquida destinati ai produttori di formaggio, questa procedura è sonoramente bocciata. Perché la permanenza del siero in cella prima e dopo lo sviluppo dei batteri lattici danneggia in modo irreversibile parte della popolazione batterica, abbattendone notevolmente la carica e selezionando le specie criofile.

La preparazione del siero-innesto in caseificio

Il siero naturale, nella generalità dei caseifici, è ottenuto, invece, incubando subito a fine maturazione della cagliata, il siero derivato da essa per tempi variabili fino a raggiungere un pH finale compreso tra 3,8 e 4,4, più frequentemente tra 4,0 e 4,2, con un'acidità titolabile tra 32 e 38 °SH. In molti caseifici, l'incubazione è effettuata in fermentatore utilizzando un gradiente di temperatura, per simulare il raffreddamento a t.a. del siero estratto dalla caldaia, per un tempo sufficiente a raggiungere condizioni di pH e acidità titolabili pre-fissate. In alternativa, l'incubazione è realizzata con un gradiente a scalini, partendo dalla temperatura di 40-45 °C fino a 30 °C, in circa 4 ore, per raggiungere un'acidità titolabile finale di 30-40 °SH. La quantità di siero-innesto che si aggiunge al latte è compresa tra 5 e 2%.

Non è mai stata riscontrata nella Mozzarella di Bufala la presenza di germi patogeni a livelli superiori ai limiti di legge. I rari casi si riferiscono a post-contaminazione del prodotto filato. Controlli centrati sulla parte microbiologica, soprattutto in Germania, Svizzera e Francia, hanno evidenziato, infatti, solo un superamento, alla scadenza del prodotto, del livello massimo dei lieviti indicato nel Manuale di Autocontrollo. Talora sono stati osservati valori troppo alti, compresi tra 500.000 e 2.000.000. I trattamenti di filatura della pasta acida a temperature intorno a 70 °C per tempi non inferiori a 3 minuti mentre sono sufficienti a rendere sano il prodotto finale, non rendono il prodotto sterile, ma lasciano sopravvivere nel prodotto una microflora di varia natura – anche lieviti – suscettibili di moltiplicarsi in ambiente acido a bassa temperatura nella fase di permanenza del prodotto in liquido di governo, soprattutto se conservato a temperature di circa 8 °C.

Come previsto dal Manuale, il limite dei lieviti nel latte crudo varia da 10.000 a 100.000 UFC/ml, < 100 nel latte pastorizzato, < 100.000 nel siero-innesto, <10/ml nelle salsette, < 1.000/ml in salamoia (Manuale di autocontrollo della produzione del Formaggio Mozzarella di Bufala Campana). I lieviti presenti nel latte e nel siero-innesto, sono suscettibili di moltiplicarsi nella cagliata e di ritrovarsi in gran numero nel prodotto finito. Pur a bassa temperatura i lieviti sono ancora in grado di moltiplicarsi e superare il limite

indicato nel Manuale di 10.000 UFC/g per la Mozzarella prodotta da latte crudo o trattato termicamente. Tenendo conto che i controlli sono fatti dalla grande distribuzione spesso durante la conservazione in ambienti tenuti tra 6-8 °C, è ovvio che sia possibile riscontrare cariche eccessive di lieviti. Queste osservazioni ci pongono un interrogativo: è ancora sensato includere i lieviti come indicatore dell'igienicità, quando è noto che essi svolgono un ruolo importante nel determinare il flavour del formaggio?

I lieviti isolati dalla Mozzarella di bufala, testati per la loro capacità di produrre metaboliti nel latte pastorizzato, influenzavano le caratteristiche aromatiche e funzionali del formaggio ed erano catalogati in due classi³:

1. specie capaci di formare quantità importanti di metaboliti tra cui acetaldeide e acetato di etile;
2. specie formanti metaboliti con minimi livelli di variazione, come alcoli superiori, isobutanolo e alcoli amilici.

Il predominio dei lieviti di fermentazione conferisce caratteristiche aromatiche al prodotto finale attraverso sostanze odorose o precursori di composti aromatici.

Gli alcoli sono, infatti, il secondo gruppo di componenti volatili della Mozzarella, aumentando di circa 20 volte rispetto al contenuto del latte. E questo – come già noto da tanti anni – è dovuto all'elevata popolazione di lieviti nella cagliata, cosa confermata dall'elevato livello di acetoino nella Mozzarella. Tra gli alcoli sono stati riscontrati alcuni che hanno primaria importanza nell'aroma della Mozzarella, 3-metil-1-butanolo, e 1-otten-3-olo che ha odore di funghi, sottobosco e muschio⁴. Considerato il suo basso livello di percezione (0,01ppm) e la concentrazione media nella Mozzarella di Bufala (0,02ppm), l'1-otten-3-olo è considerato il principale composto d'impatto della Mozzarella di Bufala⁵. L'aumento di questo composto odoroso, nella cagliata e nella Mozzarella, è proprio dovuto alla conversione, per riduzione fermentativa, del chetone precursore 1-otten-3-one.

Di particolare interesse, poi, è la bassa quantità di anidride solforosa 1-10 mg/l prodotta da tutti i ceppi di lievito, che può già essere sufficiente a inibire alcuni gruppi di batteri lattici aggiunti col siero-innesto naturale. Questa

³ P. ROMANO, A. RICCIARDI, G. SALZANO, G. SUZZI, *Yeasts from Water Buffalo Mozzarella, a traditional cheese of the Mediterranean area*, «Int J Food Microbiol.», 69, 2001, pp. 45-51.

⁴ L. MOIO, J. DEKIMPE, P.X. ETIEVANT, F. ADDEO, *Volatile flavour compounds of water buffalo Mozzarella cheese*, «Ital. J. Food Sci.», 5, 1993, pp. 57- 68.

⁵ V. ALTIERO, L. MOIO, F. ADDEO, *Previsione della resa in mozzarella sulla base del contenuto in grasso e proteine del latte di bufala*, «Scienza e Tecnica Lattiero Casearia», 40, 1989, pp. 425-433.

180 q. latte Latte: G% 8,00 – P 4,68%; Resa teorica 25,34%⁵				
Lavorazione	Grasso sul tq	Umidità	Q.li MdBC	Resa reale %
	%	%		
A	27,5	57,5	49,8	27,68
B	28	56,3	55,2	30,68
Equazione resa in formaggio=latte x $[-0,88+3.50 \times P(\%) + 1.23 \times G(\%)] \times 100^{-1}$				

Tab. 3

caratteristica potrebbe essere dovuta all'azione selettiva esercitata dalle condizioni ambientali, nel favorire la crescita e l'attività dei batteri lattici, che sono la principale classe microorganismi di formaggio. Per proteggere, dunque, tradizione e naturalità della lavorazione della Mozzarella di Bufala, bisogna preservare la presenza di lieviti nel prodotto, anche per le loro specifiche interazioni con le popolazioni batteriche dell'ecosistema formaggio.

Alcuni ceppi di *S. cerevisiae* rappresentativi della Mozzarella di Bufala, potrebbero, quindi, essere utili a supportare la qualità del prodotto tipico.

E allora come dovrebbe essere preparato il siero-innesto naturale: intanto, con l'aggiunta al siero di elementi nutrizionali (vitamine, peptidi, amminoacidi, ecc., il cosiddetto "attivatore") necessari alla crescita dei batteri lattici, e anche di ceppi isolati e caratterizzati per la loro capacità a produrre acido di fermentazione, e tutta la microflora utile a generare aromi nel prodotto.

FILATURA DELLA CAGLIATA

La filatura manuale è divenuta ormai desueta. Le macchine per la filatura della cagliata sono a coclee ruotanti e diffuse in tutto il mondo. Esse si basano sull'aggiunta in continuo di acqua calda (generalmente a 85-95°C) (l'acqua può essere sempre nuova oppure è acqua di filatura di riciclo) in modo da portare la cagliata alla temperatura di filatura (55-75 °C), in genere intorno a 65 °C. La temperatura è regolata empiricamente dal casaro. Nessuna macchina ha un sistema di controllo automatico di alimentazione di acqua e della cagliata, della loro temperatura, della velocità di avvitalamento delle coclee e quindi del tempo di residenza della cagliata nella camera di filatura e della temperatura finale dell'impasto. L'operatore deve compiere delle prove di fila-

tura per stabilire le migliori condizioni di processo per ottenere la resa massima e riprodurre queste condizioni in ogni lavorazione. Operando in parallelo con la stessa cagliata su due macchine filatrici identiche, ho potuto registrare che due casari ottenevano rese giornaliere differenti di circa 1,5-2kg su 100 kg di latte (tab. 3).

Le condizioni operative con macchine a riciclo continuo dell'acqua di filatura differivano solo per la temperatura di alimentazione dell'acqua calda (Lav. A, Acqua di filatura a 95°C; Addizione manuale di vapore nel corso della filatura), (Lav. B, Acqua di filatura a 87°C; Costante flusso di vapore nel corso della filatura).

L'acqua calda di alimentazione della macchina a 95°C conseguiva una fusione più precoce con una maggiore incorporazione di acqua nel prodotto finito (57,5%) rispetto all'alimentazione della macchina alimentata con acqua a 87°C (56,3%), e anche se la cagliata risiedeva per un tempo minore nella sezione di fusione della cagliata nella filatrice a causa della maggiore velocità nell'avvitamento delle coclee. La lavorazione portava a una minore ritenzione di grasso nel prodotto finito (maggiore perdita di grasso nell'acqua di filatura) ma anche a un maggior dilavamento della cagliata con una conseguente perdita di sostanza secca nell'acqua di filatura.

La misura del minore contenuto di grasso, 27,5 vs. 28,0%, dà una misura di questo fenomeno dovuto al tempo e alla temperatura di filatura.

Per quanto riguarda la quantità di grasso inclusa nella cagliata fusa e quindi nel formaggio è funzione dell'energia meccanica (E) fornita dalle coclee, e cioè:

$$\text{Grasso (\%SS)} = a \cdot \text{EMS}^2 + b \cdot \text{EMS} + c \quad (1)$$

e alla temperatura (T) della cagliata all'uscita dalla sezione di fusione della macchina filatrice, in accordo con la relazione di secondo grado:

$$\text{Grasso (\%SS)} = a \cdot \text{TE}^2 + b \cdot \text{TE} + c \quad (2)$$

Queste relazioni suggeriscono che l'ottimizzazione del rendimento in formaggio è regolata dai parametri operativi assunti nel processo di filatura. In particolare, la temperatura e la velocità delle coclee hanno bisogno di aggiustamenti per evitare rotture nella microstruttura del formaggio. La regolazione delle coclee a velocità elevate produce all'inizio una frammentazione della cagliata fin quando la temperatura raggiunge un valore sufficiente a fondere la cagliata. All'aumentare della temperatura, sotto l'azione di taglio delle co-

colee ruotanti, la cagliata diventa sempre più deformabile e plasmabile. Se si aumenta la velocità di avvitalamento delle coclee, si realizza una diminuzione progressiva di umidità nel formaggio. In altri termini, si può regolare il contenuto di acqua nel prodotto finito regolando la velocità di avvitalamento delle coclee. La velocità delle coclee influenza anche la ritenzione di grasso nel formaggio. Queste condizioni hanno ripercussioni rilevanti sulla resa e sulle proprietà funzionali del formaggio Mozzarella.

L'uso di filatrici meccaniche con riciclo di acqua di filatura produce una quantità di acqua di filatura notevolmente più bassa di quella ad alimentazione continua con acqua calda. I prodotti ottenuti con i due tipi di filatura sono anche diversi. Nel caso di filatura con riciclo dell'acqua, la prima Mozzarella ottenuta è a basso contenuto di lattosio, poi si arricchisce progressivamente di lattosio fino ad arrivare a un massimo, al momento del rinnovo dell'acqua di filatura. Con l'alimentazione continua con acqua si ottiene un prodotto con limitatissime quantità di lattosio, più dilavato e meno gustoso del primo sistema di filatura. Il consumatore non percepisce queste differenze – già evidenti all'interno dello stesso lotto di filatura – perché il prodotto è sottoposto a salatura e il sale maschera tutte le differenze.

Dal punto di vista dell'eco-compatibilità, il sistema a rinnovo continuo dell'acqua di filatura è sconsigliabile perché dà luogo a una enorme quantità di latticello. Da una lavorazione di 100 q. di latte di bufala, si ottengono 25-30 q. di Mozzarella di Bufala e circa 75 q. di acqua di filatura da smaltire dopo recupero della panna.

E allora cosa fare, si può ovviare a tutti questi inconvenienti ripensando con l'industria meccanica ai sistemi di filatura con l'obiettivo di aumentare la resa di trasformazione, garantendo al contempo igiene e sicurezza, sempre portando il prodotto ai massimi livelli della "qualità", riducendo gli scarti di lavorazione per minimizzare l'impatto ambientale. L'obiettivo del tecnologo è anche di prospettare modifiche di processo per migliorare il valore nutrizionale del prodotto DOP con appositi interventi tecnologici, magari rischiando di perdere la denominazione DOP.

Il caso della Mozzarella di Bufala, come prospettato nella giornata del 1998⁶, è tutto particolare perché esso rappresenta la migliore valorizzazione economica del latte di bufala.

Il caseificio, quindi, ha tutto l'interesse a produrre con latte di bufala surgelato o con cagliata surgelata anche un prodotto non DOP, purché a elevata resa, piuttosto che formaggio di varietà diversa con resa di lavorazione più bassa.

⁶ *L'allevamento bufalino in Italia. Ieri oggi e domani*, cit.

Calcolo delle rese e della quantità di acqua da aggiungere alla cagliata

Una tecnologia di filatura della Mozzarella da noi studiata negli ultimi anni è quella a vapore, o filatura a secco d'impiego generale per i formaggi a pasta filata nella quale alla cagliata si aggiunge acqua insieme a vapore. I sistemi di filatura possono essere discontinui (per le piccole e medie proporzioni) o continui (per le grosse produzioni).

Noi considereremo il sistema discontinuo perché con l'uso di piccole filatrici a vapore si potrà produrre Mozzarella fresca in continuo in ogni luogo, utilizzando vere e proprie ricette secondo il tipo di formaggio a pasta filata che si vuole ottenere, da pasticcio o per pizza, quest'ultimo notoriamente un formaggio a ridotto contenuto di umidità.

Agli effetti pratici, le macchine filatrici a vapore sono costituite da una camera a tenuta di vapore nella quale sono alloggiati delle coclee che possono ruotare a volontà, a comando, nelle due direzioni, con notevole riduzione di spazio rispetto alle macchine filatrici ad addizione continua di acqua. La quantità di acqua da aggiungere alla cagliata si fa variare in funzione dell'umidità che s'intende incorporare nel prodotto finito. Il vapore immesso nella filatrice in condizioni controllate, fa aumentare la temperatura dell'impasto condensandosi in esso. L'aggiunta di vapore è arrestata quando la temperatura della cagliata raggiunge il valore ottimale di filatura. Tutte le operazioni possono essere fatte in modo automatico, compreso lo scarico della cagliata e la formatura di quest'ultima in tagli con grammatura prestabilita. L'impasto incorpora acqua e vapore, senza produrre alcuno scarto. Il processo è versatile perché è possibile aggiungere alla cagliata qualsiasi liquido, ad esempio, panna, latte, soluzioni concentrate di proteine del siero.

Il risultato è il seguente: tutta la sostanza secca della cagliata può essere trasferita al prodotto finito, se non si aggiunge acqua in eccesso rispetto a quella da incorporare nell'impasto. L'eventuale eccesso di acqua è recuperato, come nel caso della filatura a mano, e invece di essere smaltita, può essere aggiunta di nuovo alla filatrice. Alla fine si recupera un solo liquido di filatura di volume ridottissimo, con perdite trascurabili di grasso.

Incorporazione di grasso nel formaggio

Occorre subito precisare che oltre a non perdere grasso nel liquido di filatura – come avviene con le filatrici ad acqua – l'uso della filatura a vapore permette di recuperare il grasso perduto nel siero di caseificazione con l'incorporazione di quest'ultimo nel prodotto finito.

Composizione chimica della cagliata di alimentazione di una filatrice a vapore		Scheda di lavorazione		
Grasso, %	34	Ingrediente	Quantità, kg	kg in filatrice
Proteine, %	19,3	Cagliata intera	130	131
Grasso sul secco, %	61,6	Panna di siero*	9	9
Proteine sul secco, %	35	Acqua	47	46,6
Rapporto grasso/proteine	1,76	Vapore (a 3 bar)	12	11,7
Umidità, %	55,1	Quantità, in kg	198	197,59
Residuo secco, %	44,8	*Panna con titolo in grasso 41,5%; 9 kg panna = 4,16 kg di		

Durata della filatura a vapore 3,5 minuti; Temperatura di filatura 70 °C; 5 kg di liquido di filatura residuo con 10% di grasso= perdita di 0,5 kg grasso; ritenzione del grasso aggiunto nella Mozzarella, 88%; resa in Mozzarella, 192 kg/131 kg di cagliata + 3,66 grasso = 134,66 kg; 134,66 (cagliata): 192 (Mozzarella) = 100 : x; x = 142,6 kg con guadagno di 42 kg di acqua.

Composizione della Mozzarella di Bufala	
Grasso, %	20
Proteine, %	10,4
pH	5,06
Grasso sul secco, %	54,6
Proteine sul secco, %	28,4
Rapporto Grasso/Proteine	1,92
Umidità, %	63,4
Residuo secco, %	36,6

Cagliata = 131 kg;
 Grasso ritenuto nella mozzarella = 3,66 kg;
 Cagliata + grasso = 134,66 kg
Bilancio della caseificazione
 $134,66 : 197,6 = 100 : x$;
 $x = 146,74$;
 Da 100 kg di cagliata si ottengono 146,7 kg di Mozzarella;
Guadagno 46,7 kg.

Tab. 4

L'adozione della filatura a vapore permette di controllare tutti i parametri del processo, regolare il contenuto di umidità e di grasso nel prodotto finito e – se il sale aggiunto in fase di filatura – regolare in maniera omogenea il contenuto di sale nel prodotto finito, evitando ogni contaminazione in salamoia.

Nella tabella 4 facciamo un esempio pratico di una filatura a vapore di una cagliata di latte di bufala da trasformare in Mozzarella di Bufala Campana DOP.

Da notare il rapporto grasso/proteine della cagliata è stato fatto aumentare da 1,76, a 1,92 nel prodotto finito.

Prolungamento della vita commerciale del prodotto

Il prodotto DOP, immerso nel liquido di governo, si rammollisce progressivamente a causa del rilascio del calcio residuo nel formaggio per azione dell'acido lattico e citrico presenti nel liquido di governo. Questo fatto limita la diffusione del prodotto sul mercato e la data di consumo stabilita dal produttore è fissata in 20 giorni.

Se si vuole prolungare la vita commerciale bisogna arrestare la perdita di calcio da parte del prodotto finito immerso nel liquido di governo, cioè bisogna evitarne lo “stracchinamento”. L’obiettivo è conservare la struttura fibrosa tipica della mozzarella che si nota nei primi tre giorni dalla lavorazione, adottando tutte le misure in fase di lavorazione e di conservazione del prodotto. Negli USA, la Mozzarella non si vende nel liquido di governo. Società italiane operanti negli USA mettono sul mercato il prodotto bovino avvolto in confezioni trasparenti senza liquido di governo, con data di scadenza notevolmente più lunga. In alcuni casi, riducendo il contenuto di umidità nel prodotto finito si allunga la vita commerciale ad alcuni mesi. Tutte queste modificazioni non possono essere apportate al prodotto DOP, pena la fuoruscita dalla denominazione di origine protetta. Il liquido di governo è previsto dal Disciplinare che fissa solo il limite massimo di umidità nel prodotto (unico caso nel panorama dei formaggi DOP: per quale ragione non si sa!). Le modifiche finali proposte sono molto semplici da realizzare e non vanno in contrasto col prodotto DOP: a) iniziare la filatura del prodotto a un valore di pH superiore a quello normalmente utilizzato per mantenere un più alto contenuto di Ca legato alla caseina nel prodotto finito; b) ridurre il contenuto di sale nel prodotto riducendo il livello abitualmente utilizzato nel liquido di governo ad almeno la metà, circa 0,5%; c) eliminare la pratica tradizionale della salatura in salamoie acide (circa 12% di sale) in modo di evitare forti concentrazioni negli strati più esterni del prodotto e effettuare la salatura in pasta o – meglio – durante la filatura a vapore.

Utilizzo delle Alte Pressioni (AP) per il prolungamento della shelf-life

Mutuato dalla scienza dei materiali, la tecnologia delle AP implica un trattamento del prodotto a pressioni di almeno 100 MPa. Le attrezzature industriali sono di tipo discontinuo per il trattamento di solidi, liquidi ad alta viscosità e per materiale disperso. L’incidenza dei costi per investimento e per trattamento è stata valutata in 10-15 centesimi di Euro per kg di prodotto. Esempi di trattamento riguardano marmellate, gelatine, salse, succhi, polpa di frutta, piatti cucinati, e prosciutto cotto e anche formaggi freschi. La tecnica è stata applicata per allungare la vita commerciale di formaggi freschi, per ridurre il tempo di maturazione del formaggio mediante trattamento a 250MPa, per prevenire la post-acidificazione nello yogurt, e per allungare a più di 2 settimane a 4°C la vita commerciale dello yogurt dopo trattamento a 200MPa per 15 min a 20°C. Interessanti applicazioni riguardano l’uso delle

AP per ridurre l'allergenicità del latte attraverso modificazioni strutturali della β -lattoglobulina. Molti lavori hanno dimostrato l'utilità delle AP nella disattivazione di microrganismi, con un conseguente aumento della garanzia igienica e prolungamento della vita commerciale dei prodotti. Una sintesi della potenzialità della tecnica nella stabilizzazione microbiologica ha consentito di valutare in più di 4 unità logaritmiche la riduzione in microrganismi vitali per applicazione di pressioni di trattamento di 400-600MPa a temperatura ambiente. Questo tipo di trattamento non è sufficiente a ridurre sostanzialmente il numero di spore, che possono sopravvivere a pressioni superiori anche a 1000MPa.

La disponibilità sul mercato di attrezzatura per applicazione delle AP ha avuto come principale obiettivo il prolungamento della vita commerciale del prodotto DOP sul mercato estero, soprattutto per superare la quarantena imposta ai prodotti freschi d'importazione in alcuni paesi (ad es. Australia). Nello specifico, l'obiettivo è sottoporre la Mozzarella di Bufala Campana confezionata in liquido di governo al trattamento con AP per raggiungere una shelf-life di almeno 60 giorni a +4°C.

A tale scopo sono stati valutati i due seguenti punti:

- a) come si deve adattare la tecnologia di produzione del prodotto alle esigenze dettate dal trattamento delle AP per ritardare la degradazione strutturale del prodotto;
- b) l'efficacia delle AP ai fini di ridurre la carica microbica nel prodotto finito.

La Mozzarella confezionata in confezioni di materiale plastico con liquido di governo sono state trattate a 24 ore dalla produzione a una pressione di 5000 bar per un tempo di tre minuti. Dopo trattamento le confezioni sono state conservate a +6°C. Le mozzarelle confezionate sono state sottoposte il giorno successivo al trattamento e dopo 10, 20, 30, 40, 50, 60 giorni ad analisi sensoriali e microbiologiche. I risultati sono compendati nelle tabelle 5 e 6. Il prodotto che presentava 56,5% s.s. e 59,5% presentava, a fine conservazione, identica composizione chimica. Il liquido di governo rimaneva limpido, e soprattutto, la masticabilità del prodotto risultava simile a quella del prodotto a 3 giorni di conservazione tradizionale.

Valutazioni conclusive sull'uso delle Alte Pressioni

La valutazione organolettica dei prodotti conferma la piena rispondenza della mozzarella trattata con quella fresca, per tutti i parametri misurati. In partico-

Analisi microbiologiche		
Coliformi, ufc/g	<10	<10
E. coli, ufc/g	<10	<10
CBT	800	1000
Muffe	<10	<10
Lieviti	<10	100

Tab. 5

Analisi sensoriali (punteggio da 0 a 5)		
	1 giorno	60gg
Aspetto	5	5
Forma	5	5
Colore	5	5
Tessitura	5	5
Sapore	4	3
Sapidità	3	3

Tab. 6

lare, sapore e struttura sono stati ottimi, confermati dall'assaggio a 60 giorni dalla data di produzione, confermano la validità della tecnologia adottata e del trattamento ad alte pressioni per il prolungamento della conservazione della Mozzarella di Bufala Campana. Solo la sapidità – per chi è aduso a mangiare salato – è insufficiente e dovrebbe essere portata ad almeno 0,70% circa di sale. È da segnalare l'assenza di valutazioni insufficienti o mediocri da parte di consumatori allenati a giudicare Mozzarella di Bufala prodotta con tecnologia tradizionale.

I risultati microbiologici indicano conte inferiori o vicine a 1000 ufc/g per la carica batterica totale, fino a 60 giorni, confermando che il binomio tempo/pressioni adottato è sufficiente per ridurre la carica microbica funzionale al prolungamento della shelf-life.

L'IMPIEGO DI LATTE E CAGLIATA SURGELATI

La questione annosa dell'utilizzo in caseificazione del latte surgelato (materia prima) e della cagliata surgelata (intermedio di lavorazione) attende ancora una soluzione. È stata eliminata la possibilità di utilizzare per un prodotto DOP la cagliata surgelata ma, cagliate conservate a 4°C o surgelate arrivano da tutta Europa per la trasformazione in prodotti caseari comuni, che non si fregiano di denominazione di origine. L'esigenza di provvedere in un senso o nell'altro è sentita dai trasformatori perché per la mancata diffusione della

tecnica di destagionalizzazione del parto, c'è sempre una mancanza di latte di bufala nel periodo di massima domanda del prodotto. La questione fu affrontata dal Consorzio di Tutela che propose una modifica al Disciplinare. Fu proposto l'uso per ciascuna caseificazione di latte di bufala DOP surgelato nel periodo dell'anno in cui c'era carenza di latte fresco (periodo, ad esempio, dal 1 giugno al 31 agosto) in misura non superiore al 30% del latte fresco. Ogni mozzarella DOP non avrebbe potuto contenere una quantità di latte surgelato superiore al 30%. La procedura doveva essere garantita da una tracciabilità assoluta del latte surgelato attivando tutti gli organismi di vigilanza e di controllo per assicurare la massima tracciabilità e comunicazione alle GDO e ai consumatori. Nessuna possibilità di modificare il Disciplinare.

Il DPR 54/97 definisce il «latte destinato alla fabbricazione di prodotti a base latte»: «il latte crudo destinato alla trasformazione ovvero il latte liquido o congelato ottenuto da latte crudo». Il latte crudo, secondo il DPR 54/97, è latte liquido o latte crudo precedentemente congelato, che può essere sottoposto a un trattamento fisico consentito – trattamento termico inclusa la termizzazione – e che può essere modificato nella sua primitiva composizione a condizione che si aggiunga o si sottragga un componente naturale del latte. Secondo tale definizione, quindi, si possono sia sottrarre sia aggiungere componenti naturali del latte. In altri termini, secondo il DPR 54/97, latte è definito «un latte parzialmente o totalmente scremato, parzialmente concentrato mediante sottrazione di acqua, eventualmente termizzato e poi stabilizzato mediante congelamento». L'art. 31 del DPR n. 327 del 1980, individua una temperatura di -10°C per la conservazione di prodotti congelati per tempi brevi di conservazione e una più bassa per i prodotti surgelati (-18°C) per tempi più lunghi. In entrambi i casi, la condizione di congelamento o di surgelazione del latte non va indicata sull'etichetta del prodotto trasformato perché il latte così trattato è una materia prima e non un prodotto finito. In tale ipotesi, il latte ha tutte le caratteristiche naturali per essere avviato alla preparazione di un prodotto caseario. Nessuna Direttiva Europea o Legge nazionale consente l'utilizzazione di latte surgelato o di cagliata surgelata per un prodotto DOP.

È ultroneo che in Campania sin dagli anni '80, sono stati utilizzati entrambi i prodotti per tagliare il latte fresco per produrre Mozzarella di bufala mai in misura superiore al 30%. Ci sono precedenti storici e finanche sentenze liberatorie da parte della Magistratura (una del 1993) che ha riconosciuto la liceità d'impiego di latte surgelato nella produzione della Mozzarella di Bufala. Si sarebbe potuto invocare la liceità d'uso di latte surgelato perché divenuto un «uso leale e costante», ma decisioni politiche ne impedirono la legalizzazione.

Esistono precedenti in Europa in senso positivo e negativo. In Francia, ad esempio, per il formaggio di capra, Aoc Rocamadour – stessa problematica di produzione stagionale del latte di bufala –, l'art. 5 del Disciplinare così indica le modalità di surgelazione della cagliata («La cagliata drenata, prima della salatura viene surgelata in blocchi di non più di 5 cm di spessore e deve raggiungere al cuore una temperatura di -12°C in meno di 12 ore; i blocchi non devono incollarsi l'uno all'altro durante il congelamento; la conservazione fatta in congelatori del caseificio o posti in una locale separato annesso al caseificio. Il congelatore è riservato esclusivamente al congelamento e alla conservazione della cagliata, e non deve contenere altri prodotti alimentari. La durata massima di conservazione congelata cagliata è di 10 mesi»; *Règlement technique d'application Aoc Rocamadour*. Approvato da CNPL del 29/01/2004).

Nel caso del formaggio Pelardon, invece, è espressamente indicato nel Disciplinare che «l'impiego di cagliata congelata e così come il congelamento di formaggio sono vietati» (*Décret du 25 août 2000 relatif à l'appellation d'origine contrôlée «Pélardon»*).

Ci sono tutti gli appigli perché la questione del latte di bufala possa essere esaminata e per essa trovata una soluzione che salvi la produzione invernale del latte e quella del formaggio estivo.

RIASSUNTO

Dopo un breve esame critico del Disciplinare del formaggio DOP sono individuati alcuni punti critici che richiederebbero decisioni coraggiose per introdurre modifiche del Disciplinare, intese sostanzialmente a migliorare costanza della qualità e durabilità del formaggio. In particolare, sono affrontati i temi della preparazione del siero-innesto naturale, totem dei formaggi DOP italiani, della filatura della cagliata e, infine, gli aspetti connessi alla durabilità del prodotto in liquido di governo. Per ognuno dei temi affrontati sono proposte soluzioni razionali e affidabili, anche in confronto con altri formaggi DOP europei. Sono infine considerati alcuni aspetti sulla difesa del prodotto DOP rispetto all'impiego di latte e intermedi di lavorazione derivati da bufale della razza Mediterranea.

ABSTRACT

The product specifications taking into account the Mozzarella di Bufala Campana PDO cheese are critically reviewed, also in comparison with those of other European PDO cheeses. Some bold changes to the present Regulation are proposed with the objective of substantial improvements of the cheese quality, particularly consistency and durability. In particular, the issues concern the preparation of the natural whey, a specific and

unique lactic microflora operating biochemical and microbiological processes, totem of Italian DOP cheeses, the spinning of the curd and, finally, issues related to the durability of the cheese stored in the shipping liquid. For each of the topics, cost-efficient and reliable solutions are proposed. Finally, in view of the defense of the PDO cheese against the use of milk and milk-intermediates derived from the Italian Mediterranean breed buffaloes, results of recent researches are presented and discussed.

