Agris
Agentzia pro sa chirca in agricultura
Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Studio di processi tecnologici per la fabbricazione di formaggi ovi-caprini a breve periodo di maturazione ed elevato valore nutrizionale (Pro.Te.N.)

Relazione finale

Il Responsabile scientifico del Progetto
Dott. Antonio Pirisi

Premessa *4*

Attività svolta *6*

Risorse professionali Agris impegnate nel progetto *7*

Prove di fabbricazione di formaggi freschi da latte di capra a composizione predeterminata, con aggiunta di WPC di siero di latte di capra e inulina *9*

Materiali e metodi 9

Risultati 10

Conclusioni 12

Figure e tabelle 13

Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con WPC di siero di latte di capra *21*

Materiali e metodi 21

Risultati 21

Conclusioni 25

Figure e tabelle 27

Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con microparticolato di siero di latte di capra *37*

Materiali e metodi 37

Risultati 38

Conclusioni 44

Figure e tabelle 47

Prove di fabbricazione di un prodotto funzionale a coagulazione acida a partire da latte di capra fortificato con aggiunta di microparticolato di siero di latte di capra, olio di alga ed inulina *59*

Materiali e metodi 60

Risultati 61

Conclusioni 66

Figure e tabelle 67

Conclusioni finali *83*

Bibliografia *85*

Allegato 1 ..... *86*

Premessa

La tendenza attuale del mercato caseario impone alle imprese sarde una parziale riconversione degli indirizzi produttivi che dovrebbero essere orientati sempre più verso produzioni casearie gradite al consumatore le cui scelte, tra l'altro, sono condizionate anche dall'aspetto salutistico. In questa situazione è evidente la necessità di predisporre un programma di innovazione tecnologica e diversificazione dei prodotti caseari, che possa garantire nel contempo un'evoluzione competitiva e un miglioramento delle performance delle aziende stesse, nonchè fornire degli strumenti per ridurre gli effetti negativi della crisi commerciale, che ciclicamente colpisce i prodotti tradizionali attraverso la disponibilità di nuovi prodotti di elevata qualità nutrizionale. Questo progetto nasce con la finalità di sviluppare nuove tecnologie di fabbricazione di formaggi da latte ovino e caprino con particolare attenzione ai prodotti caseari freschi e a breve periodo di maturazione, eventualmente arricchiti con costituenti (naturali del latte e/o ingredienti) capaci di incrementarne il valore nutrizionale e conferire loro le caratteristiche tipiche degli "alimenti funzionali".

I prodotti alimentari con caratteristiche funzionali sono presenti sul mercato ormai da alcuni anni. Fra questi, i prodotti a base di latte, che rispondono ai requisiti degli alimenti funzionali, in genere yogurt e latte fermentato, sono realizzati prevalentemente con latte vaccino, mentre quelli realizzati a partire da latte di pecora e di capra, risultano inesistenti sul mercato sardo e poco diffusi sul mercato nazionale.

Un prodotto alimentare con caratteristiche funzionali contiene principi attivi naturali dotati di concrete proprietà farmacodinamiche e documentate attività preventive e/o terapeutiche per determinate patologie. Una commissione di esperti europei in nutrizione e medicina, nell'ambito del progetto Fufose (Funcional Food Science in Europe, IV Programma Quadro), ha definito "alimento funzionale" quell'alimento che, al di là degli aspetti nutritivi, esercita un effetto benefico su una o più funzioni dell'organismo in modo rilevante per il miglioramento dello stato di salute e benessere e/o per ridurre il rischio di malattia. Esso viene consumato come parte di un regime alimentare normale, non è una pillola, una capsula o qualsiasi forma di integratore alimentare". Mentre in Giappone viene utilizzato un logo che identifica gli alimenti funzionali come Foshu (Foods for Specified Health Use), in Europa la dicitura "alimento funzionale" non compare sull'etichetta degli alimenti in commercio. Tuttavia molti alimenti funzionali sono già presenti sul mercato come ad esempio yogurt arricchiti con probiotici, bevande vitaminizzate o probiotiche, uova o latte arricchiti con acidi grassi omega-3, etc.. L'unico riferimento legislativo europeo relativo alle indicazioni nutrizionali sulla salute dei prodotti alimentari è il Regolamento CE 1924/2006, nello stesso regolamento vengono elencati inoltre i "nutritional claims" ammessi e le condizioni di applicazione degli stessi.

Gli ingredienti "funzionali" più comunemente aggiunti al latte e nei prodotti derivati sono: vitamine e sali minerali, molecole antiossidanti, acidi grassi polinsaturi, proteine, frazioni proteiche, singoli aminoacidi, nucleotidi, microrganismi probiotici (ovvero microrganismi utili i cui effetti benefici sono stati attribuiti all'azione equilibratrice che essi svolgono sulla flora microbica intestinale) e sostanze prebiotiche (come ad esempio le fibre solubili).

Nel presente progetto sono stati studiati in particolare prodotti caseari arricchiti in elementi nutrizionali e a valenza funzionale quali sieroproteine, acidi grassi polinsaturi della serie omega-3, sostanze prebiotiche e specie batteriche “probiotiche”.

Le proteine del siero, che rappresentano circa il 20% delle proteine del latte e sono costituite per il 50% dalla β-lattoglobulina, il 12% dalla α-lattolbumina, il 10% dalle immunoglobuline, il 5% dalle siero albumine e lo 0.23% da proteoso- peptoni, lattoferrina e lattoperossidasi. Essecostituiscono un importante ingrediente funzionale esplicando effetti benefici, dimostrati, sulla salute umana. In particolare sia le proteine del siero che i loro frammenti peptidici sono sostanze bioattive con comprovata attività antimicrobica, antivirale, anticarcinogenica; hanno un effetto ipo-colesterolemizzante superiore a quello di altre proteine, come le caseine e le proteine della soia, stimolano il sistema immunitario ed altri processi metabolici (Sautier et al. 1983; Badger et al. 2001; Gobetti et al. 2002).

Per quanto riguarda l’utilizzo degli acidi grassi polinsaturi come ingredienti funzionali, le evidenze scientifiche presenti in letteratura, suggeriscono che questi acidi grassi, in particolare quelli della serie omega-3, possono svolgere un ruolo importante nella prevenzione delle patologie a carico delle coronarie, dell’ipertensione, del diabete, del cancro, delle artriti e di altri disturbi infiammatori ed autoimmuni (McIntosh et al., 2006).

L’effetto positivo sulla salute umana legato al consumo di alimenti ove risultano compresenti le sostanze prebiotiche e batteri delle colture probiotica, è ampiamente documentata (Ried 2004, Rolfe 2000) gli effetti più importanti riguardano: la capacità di migliorare la sintesi di sostanze fondamentali, lo stimolo della proliferazione e la differenziazione delle cellule delle mucose epiteliali, la capacità di stimolare l’attività del il sistema immunitario (immunostimolante), la capacità di migliorare la salute e la funzionalità del sistema gastrointestinale (effetto protettivo contro intolleranze alimentari, infiammazioni e infezioni a carico dell'intestino), l’aumento dell’assorbimento di alcuni minerali (calcio, ferro e magnesio), il contrasto dell’azione della microflora patogena presente nel tratto intestinale.

Nell’ambito di questo progetto l'Agris Sardegna ha predisposto e attuato, in particolare, i protocolli sperimentali mirati allo sviluppo dei processi produttivi e dei prodotti, su scala pilota. Inoltre ha fornito il supporto tecnico-scientifico necessario all’eventuale messa a punto dei prodotti e del relativo processo produttivo su scala industriale.

Attività svolta

Come previsto dagli obiettivi specifici del progetto, sono stati studiati prodotti caseari funzionali ottenuti mediante l'integrazione con sostanze di comprovato valore nutrizionale. Si è deciso di concentrare l'attenzione sui prodotti derivati dal latte di capra in quanto sono di per sé considerati di grande interesse per le loro proprietà nutrizionali intrinseche, infatti oltre ad essere fonte di macronutrienti, forniscono un'importante gamma di sostanze minori che possono esplicare un ruolo potenzialmente positivo per la salute del consumatore.

Nell'ambito del Workpackage1 (WP1) del progetto, in seguito ad un'ampia ricerca bibliografica riguardante i nuovi orientamenti salutistici e nutrizionali dei prodotti alimentari, con particolare riferimento ai prodotti caseari, sono state definite le linee operative. Conseguentemente sono stati predisposti i protocolli sperimentali che hanno avuto come obiettivo comune l'incremento del valore nutrizionale dei prodotti caseari studiati. Le linee operative hanno previsto:

1. l'incremento del valore biologico della frazione proteica utilizzando due metodi:
   - aggiunta al latte in lavorazione di quantità predeterminate di un concentrato in polvere di siero presamico di latte di capra (WPC, proteina 50 %, AVH DAIRY TRADE - The Netherlands);
   - aggiunta al latte in lavorazione di quantità predeterminate di un microparticolato ottenuto da concentrato di siero presamico di latte di capra.
2. l'incremento del valore nutrizionale della frazione grassa attraverso l'utilizzo di un olio di alga (Life's omega 45 - DSM , Denmark) fonte di acidi grassi polinsaturi della serie omega 3.
3. l'incremento del valore funzionale del latte attraverso l'aggiunta di una fibra solubile l'inulina (Fibruline XL - Cosucra, Belgium) e di una coltura probiotica (*Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12®, Chr-Hansen, Denmark).

Nell'ambito del Workpackage2 (WP2) del progetto, sono stati messi a punto i processi tecnologici di fabbricazione dei prodotti su scala pilota. In particolare si è deciso di lavorare su prodotti caseari freschi (un formaggio a coagulazione acido-presamica e un prodotto da latte di capra a coagulazione acida) e formaggi molli (formaggi a coagulazione presamica e breve periodo di maturazione). Sui prodotti ottenuti è stata eseguita la caratterizzazione fisico-chimica e nutrizionale. I risultati dell'attività svolta nell'ambito del WP2 è riportata nelle relazioni di seguito allegate:

Relazione 1 - Prove di fabbricazione di formaggi freschi da latte di capra a composizione predeterminata, con aggiunta di WPC di siero di latte di capra e inulina.

Relazione 2 - Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con WPC di siero di latte di capra.

Relazione 3 - Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con microparticolato di siero di latte di capra.

Relazione 4 - Prove di fabbricazione di un prodotto funzionale a coagulazione acida a partire da latte di capra fortificato con aggiunta di microparticolato di siero di latte di capra, olio di alga ed inulina.

Nell'ambito del Workpackage 3 (WP3) del progetto, è stato organizzato un incontro a carattere divulgativo durante il quale si è provveduto a trasferire il processo tecnologico di fabbricazione del prodotto funzionale a coagulazione acida (relazione 4). L'incontro si è svolto presso l'Azienda Argei Fattorie Renolia di Gergei aderente al Cluster del progetto (vedi allegato 1), durante l'incontro è stata anche presentata una campionatura del prodotto realizzato.

Risorse professionali Agris impegnate nel progetto

Nome	Funzione
Antonio Pirisi	Responsabile del progetto, supervisione e coordinamento scientifico del progetto, ricercatore esperto in tecnologia lattiero-casearia
Margherita Addis	Ricercatore esperto in chimica lattiero-casearia, responsabile settore chimica
Daniele Petretto	Tecnico laboratorio analisi chimiche
Massimo Pes	Tecnologo lattiero-caseario – esecuzione delle caseificazioni presso il laboratorio di tecnologia di Bonassai e presso le aziende
Stefano Furesi	Tecnologo lattiero-caseario – esecuzione delle caseificazioni presso il laboratorio di tecnologia di Bonassai e presso le aziende

Prove di fabbricazione di formaggi freschi da latte di capra a composizione predeterminata, con aggiunta di WPC di siero di latte di capra e inulina

E' stata eseguita una prova preliminare di fabbricazione di formaggi caprini a pasta fresca. Le prove sono state condotte impiegando latte di capra intero al quale è stata aggiunta una quantità predefinita di WPC (Whey Protein Concentrate, retentato di ultrafiltrazione in polvere), ottenuto da siero presamico di latte di capra, ad elevato contenuto di sieroproteine (WPC 50, AVH dairy trade B.V., The Netherlands) ed una fibra naturale, solubile, a valenza prebiotica (inulina DP≥20, Fibruline XL, Cosucra Groupe Warcoing S.A., Belgium).

Lo scopo della prova è stato quello di verificare la possibilità di incrementare il valore nutrizionale del formaggio aumentando sia il valore biologico della frazione proteica, mediante l'incremento del contenuto di sieroproteine, sia conferendogli nel contempo una specifica valenza funzionale attraverso l'aggiunta di inulina DP≥20. L'inulina DP≥20 è una fibra solubile, non digeribile, che svolge specifiche proprietà simbiotiche, stimolando selettivamente l'attività di un numero limitato di specie batteriche nel colon, in particolare quelle che esplicano un'attività benefica per la salute dell'uomo (specie probiotiche).

Nei prodotti realizzati sono stati valutati gli effetti dell'utilizzo del WPC 50 e dell'inulina DP≥20, sui parametri tecnologici di trasformazione, sulla composizione fisico-chimica e le caratteristiche di struttura del formaggio.

Materiali e metodi

La prova di fabbricazione è stata condotta presso il laboratorio del settore scientifico tecnologia dell'Agenzia Agris Sardegna. In figura 1 è riportato lo schema di flusso della prova. Il latte destinato al processo di fabbricazione del formaggio è stato costituito attraverso la miscelazione di quantità predeterminate di latte di capra intero (proveniente dall'allevamento dell'azienda di Bonassai dell'Agenzia), retentato in polvere di latte di capra ad elevato contenuto di sieroproteine (WPC 50), inulina DP≥20 e acqua.

In particolare, sono state costituite 4 tipologie di latte in lavorazione:

L1, latte intero di capra tal quale (grasso e proteine naturali del latte);

L2, latte intero di capra tal quale e inulina DP≥20 (grasso e proteine naturali del latte e inulina 7,0%);

L3, latte intero di capra tal quale, WPC 50, inulina DP≥20 (grasso 4,5%, proteina 4,5%, inulina 7,0%);

L4, latte intero di capra tal quale, WPC 50, inulina DP≥20 (grasso 4,5%, proteina 4,5%, inulina 6,0%).

Di ciascuna tipologia di latte sono stati prodotti e trasformati complessivamente 2000 g. Nel caso del latte L3 ed L4, la quantità delle componenti utilizzate (latte intero di capra tal quale, WPC 50, inulina DP≥20) (Tabella 2), è stata determinata attraverso l'applicazione di quattro formule (una per ciascuna delle componenti utilizzate) (Figura 2). Come si può notare in figura 2, le formule riportate prendono in considerazione il contenuto di grasso, proteina ed inulina DP≥20, definito per L3 ed L4, nonché del contenuto di grasso, proteina e inulina DP≥20, delle componenti di partenza (Tabella 3).

Il latte, preparato secondo le modalità descritte, è stato immediatamente trasformato applicando la medesima tecnologia di fabbricazione (formaggio caprino a pasta fresca) (Figura 1).

I campioni di latte e formaggio (F1, F2, F3, F4) alle 48 ore dalla produzione, sono stati sottoposti ad analisi fisico-chimiche. Inoltre, sul formaggio alle 48 ore dalla produzione, è stato anche eseguito un test per l'analisi della struttura (Tabella 1).

Risultati

Nella tabella 4 è stata riportata la composizione del latte in lavorazione. Per quanto riguarda il pH, è stato riscontrato che L3 ed L4 presentano valori tendenzialmente inferiori rispetto ad L1 e L2. Tale differenza è dovuta al decremento del pH causato dall'aggiunta del WPC 50. Infatti, come è possibile notare in tabella 3, il WPC 50 è caratterizzato da un valore di pH inferiore rispetto a quello naturale del latte intero. Conseguentemente prima di procedere con la trasformazione, sul latte L3 ed L4 è stata operata una correzione del pH sino al valore di 6,68. Per quanto riguarda la sostanza secca, il latte in lavorazione presenta valori crescenti che seguono questo andamento: L3>L4>L2>>L1. Le differenze di sostanza secca riscontrate sono in linea con i livelli di integrazione eseguiti sul latte attraverso l'aggiunta di inulina e di WPC (Tabella 2). Per quanto riguarda il contenuto di grasso e proteina, il latte L2 presenta valori inferiori rispetto ad L1. Tale effetto è dovuto alla diluizione delle macrocomponenti causata dall'aggiunta dell'inulina al latte L2 in lavorazione. Invece, come è normale attendersi, L3 ed L4 presentano valori di grasso e di proteina superiori rispetto ad L1. Detti valori sono anche in linea con quanto predefinito dal protocollo di lavoro (grasso 4,5%, proteina 4,5%), e confermano la validità del metodo utilizzato nel definire, a priori, il contenuto di grasso e proteina nel latte in lavorazione. In tabella 4 è stato anche riportato il contenuto di caseina e sieroproteina del latte in lavorazione. Come è possibile notare, l'utilizzo del WPC 50 nelle dosi predefinite, ha permesso di incrementare nel latte L3 ed L4 il contenuto di caseina (+16 % circa, L3 ed L4 *vs* L1 ed L2) e in misura maggiore il contenuto di sieroproteina (+90% circa, L3 ed L4 *vs* L1 ed L2), conseguentemente il rapporto caseina/sieroproteina nel latte in lavorazione, diminuisce da 3,0 (valore di L1 ed L2) a 2,0, (valore di L3 ed L4). In tabella 4 sono stati anche riportati i valori relativi al contenuto in lattosio ed inulina. Il valore ottenuto rappresenta la somma dei due carboidrati, così come vengono determinati dall'analizzatore all'infrarosso (MilkoScan^{TM} FT +; FOSS, Danimarca). Infatti, se dal valore riscontrato nel latte (L2, 10.6%; L3, 11% ed L4, 10%) si detrae quello riscontrato in L1 (4.3% relativo al solo lattosio), il risultato che si ottiene corrisponde all'incirca al valore percentuale dell'inulina aggiunta al latte (L2, 7%; L3, 7%; L4, 6%).

Nella tabella 5 è stata riportata la resa di trasformazione e i valori di spurgo del siero. Come si può notare il processo tecnologico applicato permette di ottenere una resa alla trasformazione molto elevata in tutti e quattro i formaggi realizzati, con valori tendenzialmente superiori nei formaggi F3 ed F4, rispetto a F1 ed F2. Tale aspetto è dovuto al fatto che i formaggi F3 ed F4 sono caratterizzati da uno spurgo tendenzialmente inferiore rispetto a F1 ed F2 (F1, 1,6%; F2, 1,9%; F3, 0,6%; F4, 0,7%).

Nella tabella 6 è stata riportata la composizione fisico-chimica dei formaggi alle 48 ore dalla produzione. Come è possibile notare il valore di pH riscontrato nei formaggi F3 e F4 risulta tendenzialmente superiore rispetto a F1 e F2. Tale aspetto potrebbe dipendere dal differente potere tampone del latte in lavorazione, infatti il latte L3 e L4, a causa del maggior contenuto di minerali apportati al latte con l'aggiunta del WPC 50, potrebbe avere un potere tampone superiore rispetto ad L1 ed L2. Il contenuto di sostanza secca e di

proteina dei formaggi alle 48 ore dalla produzione, è molto simile ai valori riscontrati nel latte di partenza. Tale aspetto è certamente da correlare ai bassi livelli di spurgo, osservati in tutti i formaggi realizzati. Per quanto riguarda il contenuto delle due frazioni proteiche determinate (caseina e sieroproteina) nei formaggi, rispetto al latte di partenza è stata riscontrata, in generale, una diminuzione della caseina e un contestuale incremento della sieroproteina. Questo andamento si riflette nel rapporto caseina/sieroproteina, che nei formaggi risulta tendenzialmente inferiore rispetto ai valori osservati nel latte e che potrebbe essere correlato all'incremento della frazione proteica solubile (costituita in massima parte dalla sieroproteina) per effetto della parziale proteolisi della caseina nella fase di coagulazione (rilascio del caseinoglicomacropetide) e conservazione del formaggio.

Nella tabella 7 sono riportati i risultati dei parametri reologici rilevati nel formaggio alle 48 ore dalla produzione. Come è possibile osservare, i formaggi F1 ed F2 presentano valori di forza massima, parametro indicativo della durezza, tendenzialmente superiori rispetto a F3 ed F4. Per quanto riguarda gli altri parametri determinati, indice di consistenza (area positiva), indice di viscosità (area negativa) e indice di adesività (forza massima negativa) il formaggio F2 presenta valori tendenzialmente superiori, mostrando di conseguenza una struttura tendenzialmente più coesa e viscosa rispetto agli altri formaggi. Tali caratteristiche sono probabilmente dovute in parte alla presenza dell'inulina, aspetto che lo differenzia in particolare da F1, ma anche dal maggiore rapporto caseina/sieroproteina nel latte in lavorazione, aspetto che lo differenzia da F3 ed F4, e che generalmente, a parità di condizioni, migliora la coesione del prodotto.

Osservando il profilo delle curve di penetrazione (diagramma forza/spostamento) (Figura 3) è possibile notare che il picco di forza massima riscontrato nei formaggi F1 e F2, è stato registrato all'inizio della penetrazione mentre, nei formaggi F3 e F4, dopo circa la metà. La curva di penetrazione del formaggio F1 ha un andamento caratteristico, che si differenzia da quello registrato negli altri formaggi. Infatti, come si può osservare (Figura 2), in questo formaggio si verifica una rapida caduta della forza di penetrazione, immediatamente dopo il raggiungimento del picco di forza massima (da 0,59 N a circa 0,37 N). Tale caratteristica indica che il prodotto non è omogeneo, in quanto si riscontra una differenza di consistenza tra la superficie esterna (più rigida) e la porzione ad essa sottostante (più cedevole). Tale andamento si riscontra anche nella curva del formaggio F2, anche se in maniera molto meno marcata rispetto ad F1. Infatti, in F2, al raggiungimento del picco forza massima la forza di penetrazione diminuisce, ma in misura inferiore rispetto a quanto riscontrato in F1 (da 0,66 N a circa 0,53 N). Tale effetto è probabilmente dovuto alla presenza dell'inulina che, nel formaggio F2, in virtù delle sue proprietà tecnologiche come fat-replacer, agisce limitando le differenze di consistenza e rendendo il prodotto più omogeneo.

E' interessante osservare che i formaggi F3 ed F4, seppur diversi da F1, per il contenuto di macrocomponenti, mostrano curve di penetrazione in parte simili a questo formaggio. Infatti, come si può notare in figura 3, le curve di penetrazione di F3 ed F4 differiscono da F1, quasi esclusivamente, per l'assenza del picco di penetrazione nella fase iniziale. Tale aspetto indica che i formaggi F3 ed F4 hanno una struttura tendenzialmente più omogenea rispetto a F1. Inoltre, confrontando le curve di penetrazione di F3 con quella di F4, si nota che in F3 la forza ha un andamento superiore rispetto ad F4, delimitando di conseguenza un'area positiva superiore (F3, 14,9 N mm, contro F4, 13,0 N mm). Tale differenza dipende

dalla maggiore quantità di inulina aggiunta nel latte in lavorazione (L3, 7%; L4, 6%) e conferma l'effetto di questa sostanza sul miglioramento della struttura del prodotto.

I formaggi sono stati assaggiati da tecnici e ricercatori esperti del settore. Nei prodotti esaminati non sono stati riscontrati difetti attribuibili all'odore e/o al sapore. Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla valutazione della texture del prodotto, i formaggi F3 ed F4 si confermano migliori rispetto a F1 ed F2, in quanto caratterizzati da maggiore omogeneità, consistenza e cremosità, nonché dalla capacità di rilasciare minori quantità di siero nella fase di consumo del prodotto.

Conclusioni

I risultati delle prove eseguite dimostrano che, con la tecnologia sperimentata, è possibile incrementare il contenuto di proteine ad elevato valore biologico (sieroproteine) nei formaggi freschi. Inoltre, l'utilizzo dell'inulina nel latte in lavorazione, permette di attribuire al prodotto fresco una valenza prebiotica, consentendo l'utilizzo in etichetta della dicitura "prodotto ricco in fibra", e nel contempo ne migliora la consistenza e la cremosità. L'aggiunta della sola inulina al latte in lavorazione (F2) determina una diluizione proporzionale delle macrocomponenti del latte di partenza, di conseguenza il prodotto che ne deriva, seppur migliore dal punto di vista della consistenza rispetto al prodotto di riferimento (F1) è caratterizzato da un livello di spurgo leggermente superiore che, come nel formaggio di riferimento (F1), si manifesta in maniera molto evidente durante il consumo del prodotto. Tale aspetto costituirebbe un fattore limitante nella produzione di entrambi i formaggi. La fortificazione del latte con il WPC 50 e la contestuale aggiunta di inulina (F3 ed F4), hanno consentito di superare questo inconveniente apportando un notevole miglioramento della struttura dei prodotti realizzati, che risultano più cremosi e, a differenza di quelli di riferimento (F1 ed F2) sono caratterizzati dalla capacità di trattenere meglio il siero sia nella fase di produzione che durante il consumo.

La stessa tecnologia può essere realizzata attraverso l'integrazione nel latte in lavorazione, oltre del WPC e dell'inulina, anche di preparati a base di olio di alga (fonte di omega 3) e di colture probiotiche.

Figure e tabelle

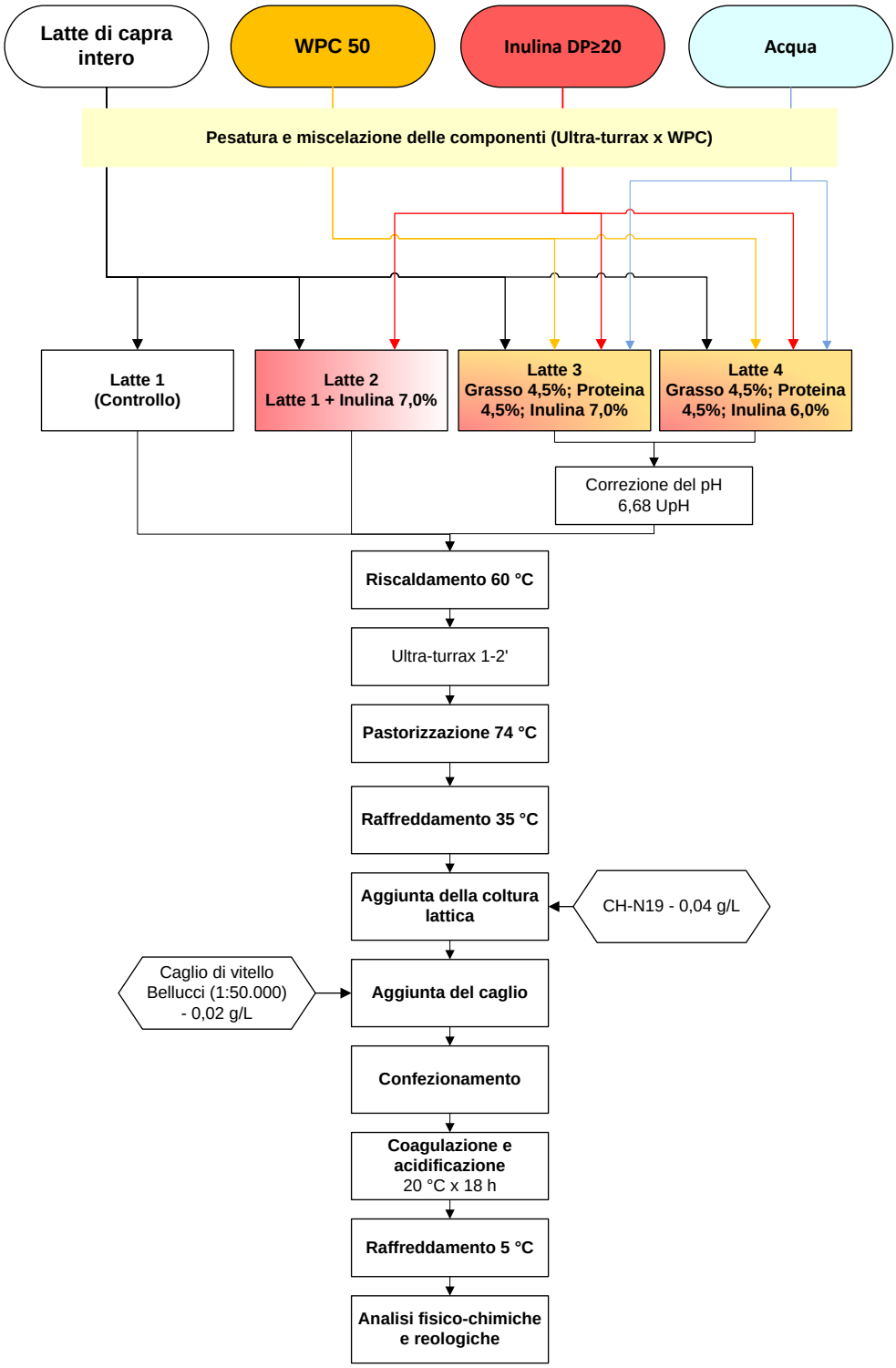


Figura 1 - Schema di flusso della prova

$$x = \frac{(a_3 \cdot b_1 - a_1 \cdot b_3) \cdot m}{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_3}$$

$$y = -\frac{(a_2 \cdot b_1 - a_1 \cdot b_2) \cdot m}{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_3}$$

$$z = \frac{c_1 \cdot m}{c_2}$$

$$t = m - (x + y + z)$$

m = Latte in lavorazione (g)

x = Latte intero (g)
y = WPC 50 (g)
z = Inulina DP≥20(g)
t = Acqua (g)

a_1 = Grasso nel latte in lavorazione (%)
a_2 = Grasso nel latte intero (%)
a_3 = Grasso nel WPC 50 (%)

b_1 = Proteina nel latte in lavorazione (%)
b_2 = Proteina nel latte intero (%)
b_3 = Proteina nel nel WPC 50 (%)

c_1 = Inulina DP≥20 nel latte in lavorazione (%)
c_2 = Inulina DP≥20 nel Fibruline XL (%)

Figura 2 - Formule per il calcolo della quantità delle componenti nel latte in lavorazione

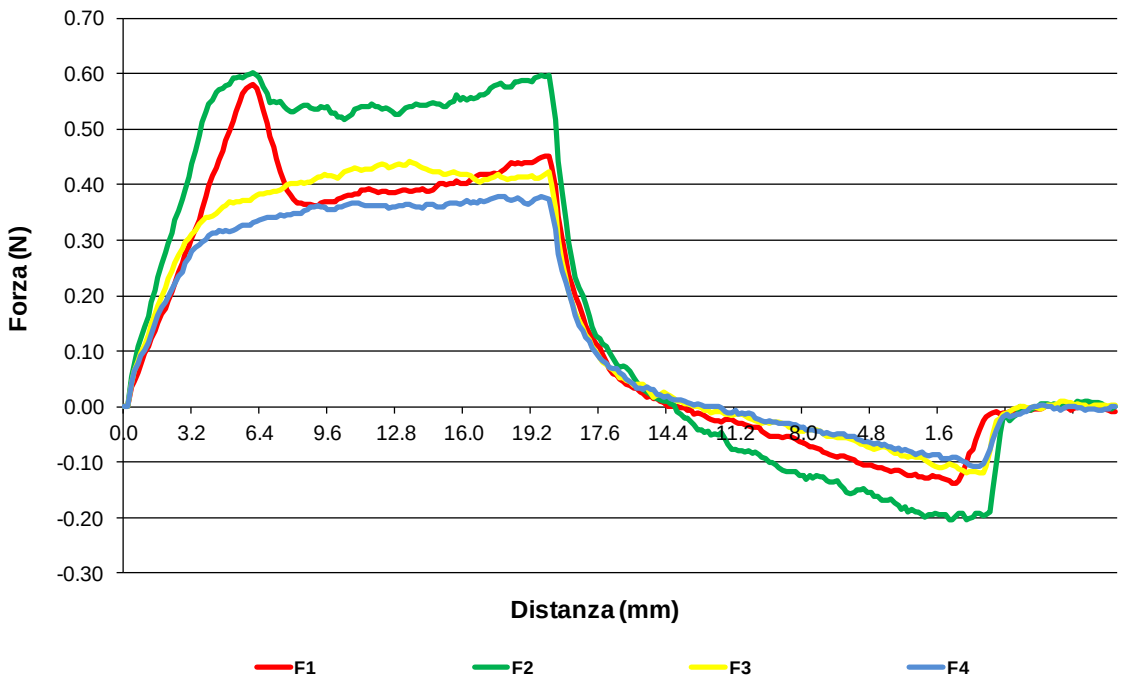


Figura 3 - Profilo di penetrazione dei formaggi alle 48 ore dalla produzione

Tabella 1 – Determinazioni analitiche

Campione	Analisi
Latte intero, latte L1, L2, L3, L4[1]	**MilkoScan** (Foss) **pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte IV)
WPC 50	**pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29)
Formaggio alle 48 ore dalla produzione	**pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (ISO 3433-IDF 222, 2004) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **NS, NS-TCA** (Gripon, Desmazeaud, Le Bars, and Bergere, 1975) **Analisi di struttura**: test di penetrometria (sonda: diam. 20 mm, penetrazione: 20 mm, velocità pre-test, test e post-test: 1 mm/s, T° 5 °C)

[1] Il latte è stato prelevato dopo il trattamento termico di pastorizzazione.

Tabella 2 – Quantità delle componenti utilizzate nel latte in lavorazione

	L1	L2	L3	L4
Latte intero (g)	2000	1853	1793	1800
WPC 50 (g)	0	0	60	58
Inulina DP≥20 (g)	0	147	147	126
Acqua (g)	0	0	0	16

Tabella 3 – Composizione fisico-chimica del latte intero e del WPC 50

	Latte intero	WPC 50	Fibruline XL
pH (UpH)	6,68	5,00	n.d.
Sostanza secca (%)	12,8	94,7	96,0
Grasso (%)	4,40	18,00	0,00
Proteina (%)[2]	3,40	50,53	0,00
Grasso/proteina	1,29	0,36	-
Caseina (%)[3]	2,58	18,37	-
Sieroproteina (%)[4]	0,82	32,16	-
Azoto non proteico (%)	0,045	n.d.	-
Inulina DP≥20 (%)	0,00	0,00	95,0

[1] Composizione dichiarata dal fornitore; [2] Proteina: azoto totale x 6,38; [3] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [4] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 4 – Composizione fisico-chimica del latte in lavorazione

	L1	L2	L3	L4
pH (UpH)	6,64	6,61	6,23	6,22
Sostanza secca (%)	12,82	18,43	20,71	19,71
Grasso (%)	4,40	4,10	4,56	4,60
Proteina (%)[1]	3,40	3,02	4,59	4,50
Grasso/proteina	1,29	1,36	0,99	1,02
Caseina (%)[2]	2,58	2,28	3,06	2,94
Sieroproteina (%)[3]	0,82	0,74	1,52	1,56
Caseina/sieroproteina	3,1	3,1	2,0	1,9
Azoto non proteico (%)	0,045	0,038	0,063	0,075
Lattosio+inulina (%)[4]	4,3	10,6	11,0	10,0

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38; [4] Valore riscontrato dall'analizzatore all'infrarosso (MilkoScan).

Tabella 5 – Resa e spurgo di siero alle 48 ore dalla produzione

	F1	F2	F3	F4
Resa (%)	98,4	98,1	99,4	99,3
Spurgo di siero (%)	1,6	1,9	0,6	0,7

Tabella 6 – Composizione fisico-chimica del formaggio alle 48 ore dalla produzione

	F1	F2	F3	F4
pH (UpH)	4,46	4,44	4,53	4,51
Sostanza secca (%)	12,70	18,19	20,27	19,08
Proteina (%)[1]	3,47	3,30	4,61	4,69
Caseina (%)[2]	2,33	2,36	2,83	2,90
Sieroproteina (%)[3]	1,14	0,94	1,79	1,79
Caseina/sieroproteina	2,0	2,5	1,6	1,6

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 7 – Parametri reologici del formaggio alle 48 ore dalla produzione

	F1	F2	F3	F4
Forza massima (N)	0,59	0,66	0,45	0,40
Area positiva (N mm)	15,2	20,5	14,9	13,0
Forza massima negativa (N)	0,15	0,22	0,13	0,12
Area negativa (N mm)	2,2	4,1	1,7	1,6

Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con WPC di siero di latte di capra

E' stata eseguita una prova di fabbricazione di un formaggio caprino a pasta molle e breve periodo di maturazione (15 giorni). Le prove sono state condotte impiegando latte di capra intero al quale è stata aggiunta una quantità predefinita di WPC (Whey Protein Concentrate, retentato di ultrafiltrazione in polvere), ottenuto da siero presamico di latte di capra, ad elevato contenuto di sieroproteine (WPC 50, AVH dairy trade B.V., The Netherlands).

Lo scopo della prova è stato quello di verificare la possibilità di incrementare il valore nutrizionale del formaggio aumentandone il valore biologico della frazione proteica. Inoltre, sono stati valutati anche gli effetti dell'utilizzo del WPC 50 sui parametri tecnologici di trasformazione e sulla composizione fisico-chimica e le caratteristiche di struttura del formaggio.

Materiali e metodi

La prova di fabbricazione è stata condotta presso il laboratorio del Settore Scientifico Tecnologia dell'Agenzia Agris Sardegna. In figura 1 è riportato lo schema di flusso della prova. Il latte di capra intero, proveniente dall'allevamento dell'azienda di Bonassai, è stato pesato, suddiviso in aliquote e, prima della trasformazione, sottoposto a trattamenti differenti (Figura 1). Procedendo in questo modo sono stati ottenuti: L1, latte intero crudo tal quale; il latte L2, costituito dalla miscelazione in caldaia di latte intero crudo e latte intero sottoposto a un trattamento termico discontinuo ad alta temperatura (90°C x 5') previa aggiunta di una quantità predefinita di WPC 50 (1,3% della quantità finale di L2); L3, costituito dalla miscelazione in caldaia di latte intero crudo e latte intero sottoposto a un trattamento termico discontinuo ad alta temperatura (90°C x 5').

Il latte, preparato secondo le modalità descritte, è stato immediatamente trasformato applicando la medesima tecnologia di fabbricazione (formaggio caprino a pasta molle a breve periodo di maturazione) (Figura 1).

I campioni di latte, il WPC 50, i sieri di fine lavorazione (S1, S2, S3), i sieri di sgrondo (Sg1, Sg2, Sg3) e i formaggi (F1, F2, F3) alle 24 ore dalla produzione e a maturazione (15 giorni), sono stati sottoposti ad analisi fisico-chimiche, mentre sui formaggi a maturazione è stato anche eseguito un test per l'analisi della struttura (Tabella 1).

Risultati

Nella tabella 2 sono riportati i parametri tecnologici rilevati nel corso della prova di fabbricazione. Come è possibile notare in tabella, il latte delle tre tesi a confronto ha mostrato un differente comportamento alla coagulazione. In particolare, è stato riscontrato un ritardo nel tempo di presa del latte L2, pari a circa 1' rispetto a L1 e a circa 30" rispetto ad L3, nonché un differente livello di coesione e consistenza del coagulo al termine della fase di indurimento. Tale aspetto ha condizionato la fase di estrazione della cagliata, che nel caso di L2 ha richiesto un tempo superiore rispetto ad L1 ed L3. Per quanto riguarda l'acidificazione, il

formaggio F2 ha richiesto un tempo di stufatura inferiore per il raggiungimento del pH finale (pH 5,60 circa) rispetto ad F1ed F3 (02:20 hh:mm contro 04:11 hh:mm di F1 e 03:49 hh:mm di F3).

Nella tabella 4 è riportata la composizione fisico-chimica del latte in lavorazione. Come è normale attendersi, la composizione fisico-chimica di L1 ed L3 è pressoché identica a quella del latte intero di partenza (Tabella 3), sono riscontrabili minime variazioni delle macrocomponenti, dovute probabilmente all'effetto di concentrazione per evaporazione dell'acqua nel corso dei trattamenti termici applicati. Invece, per quanto riguarda il latte L2, si riscontra che l'incremento del contenuto delle macrocomponenti (sostanza secca, circa 10%; grasso, circa 5%; proteina, circa 22%), rispetto al latte intero di partenza, è in linea con la quantità e le caratteristiche fisico-chimiche del WPC 50 aggiunto (Tabella 3). E' da notare, inoltre, che il maggior incremento della proteina, rispetto al grasso, ha determinato in L2 anche la conseguente riduzione del rapporto grasso/proteina, che da 1,3 (valore del latte intero) si riduce a 1,1. Per quanto riguarda il contenuto in caseina e sieroproteina, è stato riscontrato che nel latte L2 i valori analitici determinati, 3,22% e 0,84% rispettivamente, si discostano dai valori teorici calcolati tenendo conto della composizione del WPC 50 e del latte intero utilizzati nella fase di preparazione del latte in lavorazione (caseina 2,96%, sieroproteina 1,05%). E' interessante osservare che, la somma dei valori delle due frazioni (proteina totale del latte) da un risultato molto simile nei due casi, a variare è il rapporto caseina/sieroproteina. Probabilmente tale aspetto dipende dalla parziale denaturazione che avviene a carico delle sieroproteine e che è causata dal trattamento termico al quale è stato sottoposto il latte L2. Infatti, il trattamento termico, nelle condizioni compatibili a quelle adottate, induce una interazione delle micelle caseiniche con le sieroproteine (soprattutto le β-lattoglobuline con la K-caseina) con conseguente formazione di micelle complesse che precipitano nella fase di determinazione analitica dell'azoto solubile a pH 4,60. In tale condizione si verifica un incremento apparente dell'azoto caseinico (caseina) e la concomitante riduzione di quello solubile (sieroproteina).

Nella tabella 5 è stata riportata la composizione del siero di fine lavorazione e del siero di sgrondo. Per quanto riguarda la sostanza secca, è stato riscontrato che i sieri S2 ed Sg2 presentano valori tendenzialmente superiori rispetto ai sieri S1, S3 ed Sg1, Sg3. Per quanto riguarda il contenuto di grasso e proteina, il siero S3 mostra valori tendenzialmente inferiori rispetto ai sieri S1 ed S2, un analogo andamento è stato osservato anche per quanto riguarda il siero sgrondo.

Nella tabella 6 è riportata la composizione fisico-chimica del formaggio alle 24 ore dalla produzione. Il formaggio F2 presenta un valore di pH tendenzialmente inferiore rispetto a F1 ed F3. Tale aspetto potrebbe dipendere dalla differente cinetica di acidificazione riscontrata in F2. Infatti, l'elevata velocità di acidificazione in questo formaggio, nelle condizioni operative adottate (Tabella 2), ha reso più difficile la gestione del pH nella fase di refrigerazione, applicata al termine della stufatura. Per quanto riguarda l'umidità, il formaggio F2 presenta un valore tendenzialmente superiore rispetto a F1 ed F3 (63,9% contro 58,7%, F1 e 61,8%, F3). Tale aspetto potrebbe aver influito, almeno in parte, nel determinare le differenze di acidificazione riscontrate nel formaggio F2 rispetto a F1 ed F3. La maggiore umidità dei formaggi F2 ed F3 rispetto a F1 è dovuta principalmente all'effetto del trattamento termico ad alta temperatura che è stato applicato ad un'aliquota del latte utilizzato in lavorazione (circa 40%). Infatti, il trattamento termico applicato (90°C per 5') ha certamente determinato la denaturazione sia delle sieroproteine naturalmente presenti nel latte, che di quelle aggiunte

con il WPC 50 (L2), con conseguente formazione di aggregati proteici molto idratati. Questi aggregati, che nella fase di coagulazione enzimatica vengono inglobati nella matrice caseinica, determinano un incremento della capacità complessiva di ritenzione dell'acqua nella cagliata e nel formaggio. Questo effetto è maggiormente visibile in F2, dove le sieroproteine sono quantitativamente superiori in quanto aggiunte al latte con il WPC 50. Per quanto riguarda il contenuto di proteina, il formaggio F1 presenta una valore tendenzialmente superiore rispetto a F2 ed F3. Avendo i formaggi un contenuto di umidità differente è importante esprimere il contenuto di proteina come rapporto percentuale della sostanza secca, a seguito di questa correzione è interessante osservare che il valore, tendenzialmente, superiore si riscontra invece nel formaggio F2 (38,8% contro 37,1%, F1 e 35,9%, F3).

Nella tabella 6 sono riportati i parametri indicatori della proteolisi, espressa dai rapporti fra le frazioni azotate determinate: azoto solubile/azoto totale e azoto solubile in acido tricloroacetico/azoto totale. Come è normale attendersi, alle 24 ore dalla produzione, essendo i processi proteolitici in una fase iniziale, non sono state riscontrate differenze tra i parametri rilevati nei formaggi a confronto.

Nella tabella 7 è riportata la composizione del formaggio dopo 15 giorni di maturazione. Il pH dei formaggi è risultato inferiore rispetto ai valori riscontrati alle 24 ore dalla produzione. Tale aspetto indica che, probabilmente, a causa della natura dello starter utilizzato, l'acidificazione del formaggio prosegue anche durante la maturazione. Anche a maturazione, si conferma che il formaggio F2 è caratterizzato da un valore di pH tendenzialmente inferiore rispetto ai formaggi F1 ed F3.

Come atteso, a causa della naturale perdita di acqua nel corso della maturazione, i valori di umidità dei formaggi sono inferiori rispetto a quelli riscontrati alle 24 ore dalla produzione. E' da notare che le differenze tra il valore di umidità del formaggio F2 e i valori di umidità di F1 ed F3, sono superiori rispetto a quanto riscontrato alle 24 ore dalla produzione. Tale aspetto potrebbe dipendere dalla migliore capacità del formaggio F2 di trattenere l'umidità nel corso della fase di maturazione, dovuta al maggior contenuto di sieroproteine denaturate. Per quanto riguarda il contenuto di proteina, i formaggi a confronto presentano un andamento simile a quello riscontrato alle 24 ore dalla produzione. In tabella 7 sono riportati, inoltre, i parametri indicatori della proteolisi (azoto solubile/azoto totale, azoto solubile in acido tricloroacetico/azoto totale, azoto solubile in acido fosfotungstico/azoto totale) che, come è possibile osservare, seguono questo andamento F2>F3>F1. La maggiore umidità dei formaggi F2 ed F3, rispetto ad F1, potrebbe essere la causa di questa differenza, in quanto creerebbe condizioni certamente più favorevoli allo svolgimento dei processi enzimatici di proteolisi nel formaggio.

Nella tabella 8 sono riportati i parametri reologici rilevati sui formaggi dopo 15 giorni di maturazione. Come è possibile notare, il formaggio F1 presenta valori di forza massima e area positiva tendenzialmente superiori rispetto a F2 ed F3, risultando per tale ragione più duro e coeso. Anche per quanto riguarda la forza negativa e l'area negativa, il formaggio F1 mostra valori tendenzialmente superiori rispetto a F2 ed F3, presentando, pertanto, una struttura caratterizzata anche da una maggiore adesività e viscosità. E' interessante osservare come, nonostante le differenze di pH e di composizione riscontrate nei formaggi F2 ed F3, i parametri reologici determinati su questi due formaggi siano piuttosto simili. Questo aspetto è anche

visibile dall'osservazione delle curve di penetrazione (Figura 2) che mostrano un analogo andamento, soprattutto nell'area positiva della curva.

Nella tabella 9 sono riportati i parametri relativi allo spurgo del siero, alla resa di trasformazione e al recupero della materia utile caseificabile. I valori relativi allo spurgo del siero riportati in tabella, sono espressi come valore percentuale rispetto alla quantità di latte in lavorazione. I formaggi F2 ed F3 sono caratterizzati da uno spurgo nella fase di formatura (siero di fine lavorazione) tendenzialmente inferiore, rispetto al formaggio F1 (F1, 59,9%; F2, 49,4%; F3 55,5%). Tale aspetto è probabilmente dovuto al fatto che, in questi formaggi, la capacità di sineresi del coagulo è stata alterata, come precedentemente detto, dall'effetto del trattamento termico di denaturazione delle sieroproteine, applicato ad una aliquota (circa 40%) del latte in lavorazione. In tali condizioni, infatti, l'interazione tra le sieroproteine denaturate e le caseine, ha determinato un ritardo nella fase di coagulazione (Tabella 2) e alterato la capacità di aggregazione delle micelle caseiniche. La conseguenza di questo fenomeno è la riduzione della capacità di contrazione del coagulo durante la sineresi. Nel caso del formaggio F2, ove si riscontra la minor perdita di siero di fine lavorazione, questo effetto è più evidente, probabilmente a causa della maggiore presenza di sieroproteine, aggiunte come WPC al latte sottoposto al trattamento termico di denaturazione rispetto al latte di F3, ove la quantità di sieroproteine, presenti nell'aliquota di latte sottoposto al trattamento termico di denaturazione, è quella naturalmente contenuta nel l latte di partenza. Nella tabella 9 è stato anche riportato il valore percentuale del siero di sgrondo rilasciato dai formaggi nella fase di acidificazione, raccolto sino alle 24 ore successive alla produzione. Come è possibile notare, per questo parametro, i formaggi presentano valori simili, seppure con una tendenza dei formaggi F2 ed F3 ad assumerne valori leggermente superiori rispetto ad F1. E' opportuno considerare che nel caso del formaggio F2, la quantità di siero raccolto nella fase di acidificazione, è stata certamente limitata dal minor tempo di stufatura richiesto da questo formaggio per il raggiungimento del valore di pH prestabilito.

Nella tabella 9 è anche riportata la resa di trasformazione calcolata alle 24 dalla produzione e al termine della maturazione (15 giorni). Come è possibile osservare, il formaggio F2 presenta un valore di resa alle 24 ore superiore di circa il 43% rispetto a F1 e di circa il 20% rispetto a F3, mentre la resa del formaggio F3 è superiore rispetto a quella di F1 di circa il 19% (F1, 15,3%; F2, 21,9%; F3 18,2%). Nella tabella è stata anche riportata la resa corretta, ovvero la resa calcolata considerando un eguale valore di umidità dei formaggi a confronto. La correzione è stata effettuata utilizzando il valore di umidità riscontrato nel formaggio F1 alle 24 ore dalla produzione (58,7%). E' interessante osservare che, esprimendo la resa a parità di umidità nei formaggi, si riducono le differenze di resa tra i formaggi a confronto (F2>F1, circa 21%; F2>F3, circa 10%; F3>F1, circa 10%). I valori esposti suggeriscono che l'incremento di resa riscontrato, dipende per circa il 50% dalla maggiore umidità dei formaggi (superiore in F2 ed F3 rispetto ad F1) (Tabella 6) e per il restante 50% dalle differenze nella disponibilità di materia utile caseificabile nel latte in lavorazione (grasso e proteina), nonché della capacità di recupero della stessa nella fase di caseificazione. La resa casearia è stata anche calcolata al termine del periodo di maturazione. Per quanto riguarda la resa alla maturazione, il formaggio F2 conferma un valore superiore rispetto a F1 ed F3 (19,7% per F2, 13,6 % per F1 e 15,9% per F3). E' interessante osservare che l'incremento di resa, alla maturazione del formaggio, F2 rispetto a F1, è

superiore rispetto a quello riscontrato alle 24 ore dalla produzione (44,8% contro 43,0%) mentre, nel caso del formaggio F3, l'incremento di resa rispetto a F1 è inferiore (16,9% contro 19,0%). Tale aspetto dipende dal differente comportamento dei formaggi relativamente alla perdita di umidità nel corso della maturazione. Infatti, come è possibile notare nella tabella, il formaggio F2 è caratterizzato da un calo ponderale a 15 giorni di maturazione di circa il 9,9%, mentre F3 del 12,3% ed F1 del 11,3%.

Nella tabella 9 sono stati riportati anche i parametri indicatori dell'efficienza tecnologica nel recupero della materia utile disponibile nel latte di partenza. Come è possibile notare, i coefficienti di recupero della proteina e della sostanza secca, presentano valori simili nei formaggi F2 ed F3. Tali valori sono tendenzialmente superiori rispetto a quelli riscontrati nel formaggio F1. Questo aspetto dimostra che i formaggi F2 ed F3 sono caratterizzati da una migliore capacità di recupero della materia utile, disponibile nel latte in lavorazione, rispetto al formaggio F1. E' interessante osservare che, nei formaggi F2 ed F3, il livello di efficienza tecnologica nel recupero della proteina, sembrerebbe prescindere dalla quantità di proteina disponibile nel latte. Infatti, nonostante le differenze di composizione (il latte L2 contiene circa il 24 % in più di proteina rispetto a L3) (Tabella 4), il valore del coefficiente di recupero della proteina è simile nei due formaggi. Probabilmente ciò che influisce nel determinare la stessa entità di recupero, nei due formaggi, sono le condizioni in cui è avvenuto il trattamento termico di denaturazione eseguito su di un'aliquota di latte che sia in L2 che in L3, rappresenta circa il 40% del latte in lavorazione. Nella tabella 10 sono stati riportati i risultati del bilancio materia della. Come atteso la quantità di proteina disponibile nel latte L2 è superiore rispetto a L1 ed L3 (492,6 g contro 405,0 g, F1 e 391,2 g, F3), in linea con la quantità di WPC 50 aggiunto (160 g di WPC 50, proteina 50,53%). E' interessante osservare come le differenze tra la quantità di proteina nel formaggio F2 e la quantità nei formaggi F1 ed F3, seguono l'andamento del latte di partenza, mentre tra i sieri (siero di fine lavorazione e siero sgrondo) dei tre formaggi, le differenze riscontrate nella quantità di proteina sono minime, seppure con una tendenza del siero del formaggio F1 a valori superiori. Tale aspetto dimostra che il processo di trasformazione applicato ha permesso il recupero, nel formaggio, di gran parte della proteina aggiunta con il WPC 50 al latte L2.

Conclusioni

I risultati delle prove eseguite dimostrano che la tecnologia sperimentata consente di migliorare il recupero sia della materia utile caseificabile, naturalmente disponibile nel latte di partenza, che di quella aggiunta mediante integrazione del latte in lavorazione con il WPC 50. Tale aspetto contribuisce a determinare un rilevante incremento della resa del formaggio a maturazione, particolarmente evidente nel caso del formaggio realizzato con l'integrazione del latte con il WPC 50 (F2). I formaggi sperimentali (F2 ed F3) presentano differenze di composizione fisico-chimica rispetto al formaggio di riferimento (F1), in particolare relative al contenuto di umidità, di proteina, al grado di proteolisi e al pH. Tali differenze determinano un diverso comportamento reologico dei formaggi sperimentali che sono caratterizzati da una struttura meno coesa e dura rispetto al formaggio di riferimento. In questa fase non sono stati effettuati specifici test di analisi sensoriale sui prodotti realizzati, ma si è proceduto con assaggi eseguiti da un gruppo di tecnici e

ricercatori esperti. I formaggi sono stati considerati tendenzialmente diversi, probabilmente a causa della loro differente struttura e acidità, ma non sono stati riscontrati particolari difetti di aroma e sapore.

I formaggi sperimentali, ed in particolare quello ottenuto con l'integrazione del WPC 50 nel latte in lavorazione, presentano un valore biologico della frazione proteica potenzialmente superiore rispetto al formaggio di riferimento, in quanto il processo tecnologico applicato consente di recuperare nel formaggio maggiori quantità di sieroproteine, rispetto al formaggio di riferimento.

Il prodotto si presta ad essere realizzato associando alla coltura lattica starter anche una coltura probiotica.

Figure e tabelle

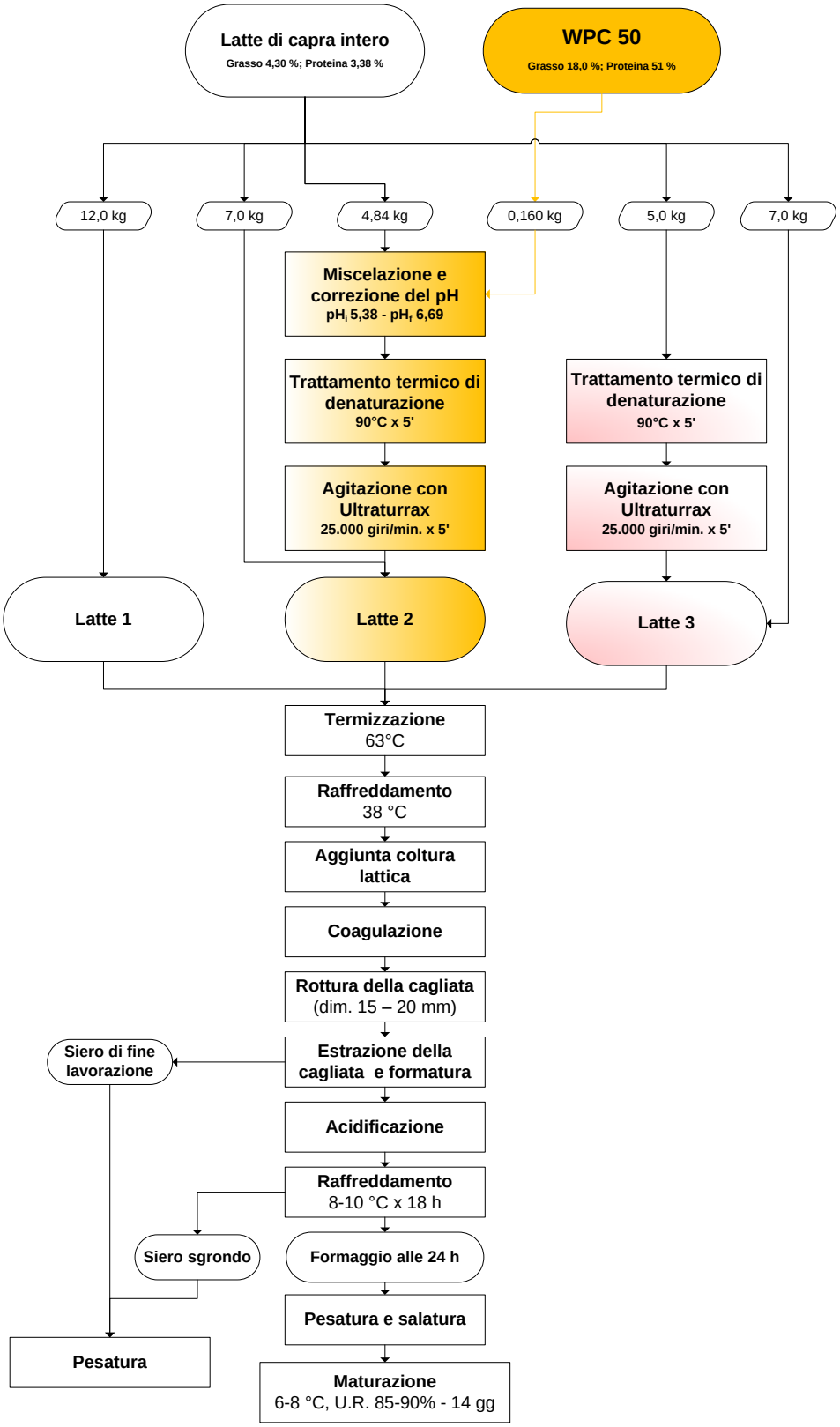


Figura 1 – Schema di flusso della prova

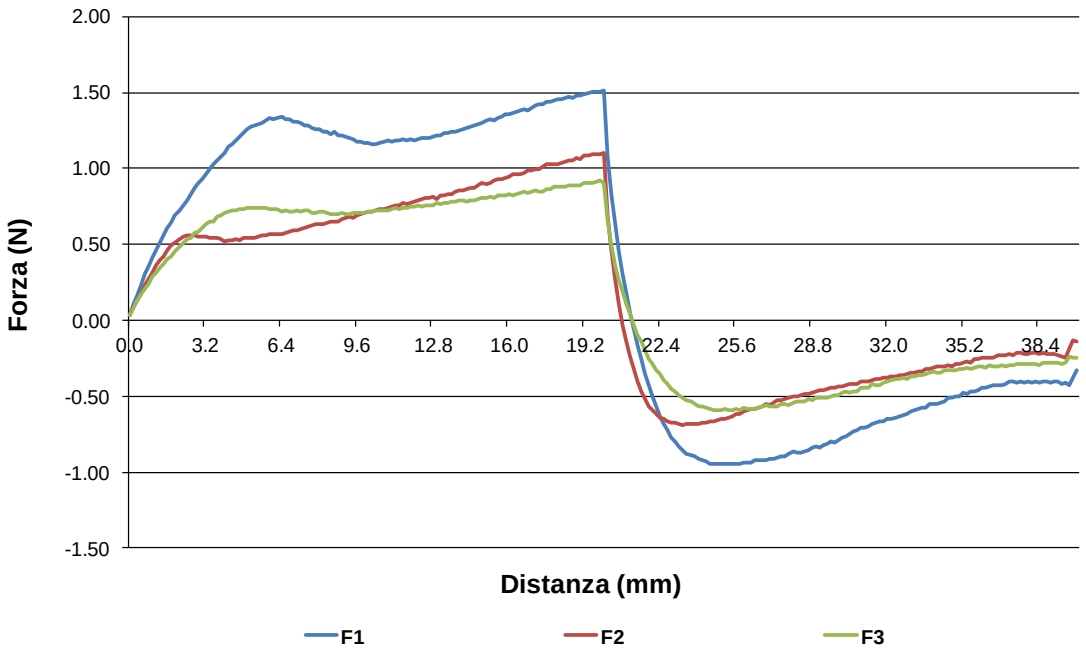


Figura 2 – Profilo di penetrazione dei formaggi dopo 15 giorni maturazione

Tabella 1 – Determinazioni analitiche

Campione	Analisi
Latte intero, latte L1, L2, L3[1]	**Milkoscan** (Foss) **pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987). Grasso (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte IV)
WPC 50	**pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29)
Siero di fine lavorazione e siero sgrondo[2]	**Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte IV)
Formaggio alle 24 ore e a maturazione	**pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (ISO 3433-IDF 222, 2004) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **NS, NS-TCA** (Gripon, Desmazeaud, Le Bars, and Bergere, 1975)
Formaggio a maturazione	**Analisi di struttura**: test di penetrometria eseguito direttamente sulla forma (sonda: diam. 4 mm, penetrazione: 20 mm, velocità pre-test, test e post-test: 1 mm/s, T° 15 °C)

[1] Il latte L1, L2, L3 è stato prelevato direttamente in caldaia dopo il trattamento termico di termizzazione; [2] Il siero sgrondo è stato raccolto sino alle 24 ore dalla produzione.

Tabella 2 – Parametri tecnologici

Descrizione		U.M.	L1	L2		L3	
Latte caprino intero		kg	12,00	4,84	7,00	5,00	7,00
Quantità di WPC 50%		kg	0	0,16	0	0	0
Latte in caldaia		kg	12,00	12,00		12,00	
Trattamento termico		°C	63	63		63	
Quantità di innesto (BMB STR 340)		g/L	0,25	0,25		0,25	
Temperatura di coagulazione		°C	38,0	38,0		38,0	
Quantità di caglio (Bellucci 1:50.000)		g/L	0,08	0,08		0,08	
Durata della presa		mm:ss	05:00	06:00		05:30	
Durata dell'indurimento		mm:ss	07:30	09:00		07:02	
Giacenza dopo la 1ª rottura		mm:ss	15:00	15:00		15:00	
Temperatura di stufatura		°C	36,0	36,0		36,0	
Inizio stufatura		orario	11:24	10:40		11:07	
Fine stufatura		orario	15:35	13:00		14:56	
Durata stufatura		hh:mm	04:11	02:20		03:49	
pH del formaggio a fine stufatura		UpH	5,61	5,62		5,55	
Temperatura locale di raffreddamento fine stufatura		°C	12	12		12	
Forme		n.	3	3		3	
Salatura	Quantità di sale a secco	g/kg	15	15		15	
	Temperatura	°C	7,0	7,0		7,0	
Maturazione	Temperatura	°C	7,0	7,0		7,0	
	Durata	giorni	15	15		15	

Tabella 3 – Composizione fisico-chimica del latte intero e del WPC 50

	Latte intero	WPC 50
pH (UpH)	6,62	5,28
Sostanza secca (%)	12,5	94,7
Grasso (%)	4,21	18,00
Proteina (%)	3,32	50,53
Grasso/proteina	1,3	0,4
Caseina (%)	2,63	18,37
Sieroproteina (%)	0,69	32,16
Azoto non proteico (%)	0,049	n.d.

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 4 – Composizione fisico-chimica del latte in lavorazione

	L1	L2	L3
pH (UpH)	6,62	6,55	6,61
Sostanza secca (%)	12,65	13,90	12,55
Grasso (%)	4,30	4,45	4,20
Proteina (%)[1]	3,38	4,05	3,26
Grasso/proteina	1,3	1,1	1,3
Caseina (%)[2]	2,75	3,22	2,65
Sieroproteina (%)[3]	0,63	0,84	0,61
Azoto non proteico (%)	0,049	0,069	0,049

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 5 – Composizione fisico-chimica del siero

Siero di fine lavorazione	S1	S2	S3
Sostanza secca (%)	7,16	7,43	6,65
Grasso (%)	0,80	0,70	0,45
Proteina (%)	1,02	0,96	0,87
Azoto non proteico (%)	0,06	0,08	0,06
Siero di sgrondo	Sg1	Sg2	Sg3
Sostanza secca (%)	6,76	6,96	6,26
Grasso (%)	tracce	0,20	tracce
Proteina (%)	1,00	1,00	0,85
Azoto non proteico (%)	0,029	0,039	0,031

[1] Siero raccolto al termine della fase di formatura. [2] Siero raccolto al termine della fase di acidificazione.

Tabella 6 – Composizione fisico-chimica del formaggio alle 24 ore

	F1	F2	F3
pH (UpH)	5,46	5,13	5,46
Umidità (%)	58,7	63,9	61,8
Proteina (%)	15,3	14,0	13,7
Proteina/sostanza secca (%)	37,1	38,8	35,9
Azoto solubile/azoto totale (%)	7,3	7,0	7,2
Azoto solubile in TCA[1]/azoto totale (%)	4,1	4,5	4,6

[1] TCA: acido tricloroacetico

Tabella 7 – Composizione fisico-chimica del formaggio dopo 15 giorni di maturazione

	F1	F2	F3
pH (UpH)	5,14	4,80	5,04
Umidità (%)	52,7	62,5	56,3
Proteina (%)	16,9	14,5	15,2
Proteina/sostanza secca (%)	35,8	38,8	34,7
Azoto solubile/azoto totale (%)	12,5	13,2	11,8
Azoto solubile in TCA[1]/azoto totale (%)	4,9	7,5	6,0
Azoto solubile in PTA[2]/azoto totale (%)	1,8	2,8	2,0

[1] TCA: acido tricloroacetico; [2] PTA: acido acido fosfotungstico

Tabella 8 – Parametri reologici del formaggio dopo 15 giorni di maturazione

	F1	F2	F3
Forza massima (N)	1,5	0,8	0,8
Area positiva (N mm)	46,9	28,9	28,4
Forza massima negativa (N)	0,9	0,7	0,6
Area negativa (N mm)	22,5	15,1	14,1

Tabella 9 – Spurgo del siero, resa e coefficienti di recupero materia utile caseificabile

	F1	F2	F3
Siero di fine lavorazione (%)[1]	59,9	49,4	55,5
Siero sgrondo (%)[2]	19,8	22,3	21,8
Resa (%)	15,3	21,9	18,2
Resa corretta U.M. 58,7% (%)	15,3	18,5	16,8
Resa alla maturazione (%)	13,6	19,7	15,9
Incremento di resa rispetto a F1 (%)		44,8	16,9
Calo peso a maturazione (%)	11,3	9,9	12,7
Coefficiente di recupero proteina (%)	69,4	75,7	76,3
Coefficiente di recupero sostanza secca (%)	49,9	56,8	55,3

[1] Siero raccolto al termine della fase di formatura, valore in percentuale rispetto al latte in lavorazione. [2] Siero raccolto al termine della fase di acidificazione, valore in percentuale rispetto al latte in lavorazione.

Tabella 10 – Bilancio materia della proteina

	F1	F2	F3
Proteina			
Latte (g)	405,0	492,6	391,2
Formaggio (g)	281,0	372,9	298,8
Siero (g)[1]	97,0	84,9	80,5

[1] Valore complessivo relativo alla proteina presente nel siero di fine lavorazione e nel siero di sgrondo.

Prove di fabbricazione di formaggi caprini a pasta molle a partire da latte fortificato con microparticolato di siero di latte di capra

Sono state eseguite prove di fabbricazione di un formaggio caprino a pasta molle e breve periodo di maturazione (15 giorni). Le prove sono state condotte impiegando latte di capra intero al quale è stata aggiunta una quantità predefinita di microparticolato, al 10% di proteina, ottenuto dal siero di latte (siero presamico) concentrato per ultrafiltrazione. Per produrre il microparticolato il siero concentrato viene prima sottoposto ad un trattamento di denaturazione termica in costante agitazione, con elevata velocità di scorrimento e successivamente alla microparticolzione o microfluidificazione mediante un trattamento meccanico, generalmente l'omogeneizzazione. Il trattamento di microfluidificazione riduce le dimensioni dei macroaggregati proteici costituiti dalle sieroproteine denaturate sino a trasformarle in particelle delle dimensioni simili a quelle dei globuli di grasso del latte (1-10 μm). Le proprietà funzionali delle sieroproteine termo-denaturate associate al trattamento di microparticolazione conferiscono al microparticolato proprietà simili a quelle del grasso del latte, rendendolo idoneo all'utilizzo come sostanza mimetica del grasso "fat-replaced" nei prodotti caseari magri. Molti studi hanno dimostrato che il microparticolato è in grado di migliorare le proprietà sensoriali dei prodotti magri, conferendo agli stessi palattabilità e consistenza simili quelle dei prodotti full-fat. Dal punto di vista nutrizionale, l'integrazione del microparticolato al latte in lavorazione è assai interessante, non solo per la riduzione del valore energetico dei prodotti derivati, conseguente alla riduzione proporzionale del contenuto di grasso, ma anche per l'incremento in questi prodotti, del valore biologico della frazione proteica in quanto più ricca in sieroproteine. L'aggiunta, al latte in lavorazione, del microparticolato, rispetto ad altre forme di integrazione studiate (aggiunta diretta di WPC), permette di aumentare maggiormente il contenuto delle sieroproteine senza il rischio che le stesse vadano incontro a fenomeni di aggregazione e flocculazione, con conseguente separazione di fase, durante i trattamenti termici ai quali il latte è normalmente sottoposto prima della trasformazione.

In commercio sono disponibili diversi microparticolati (SIMPLESSE®, Dairy-Lo® , etc) prodotti a partire da siero presamico di latte di vacca, mentre non sono facilmente reperibili quelli ottenuti da siero di latte di capra.

Lo scopo di questa prova è stato quello di valutare gli effetti dell'aggiunta di un microparticolato (proteina 10%), prodotto a partire da sieroproteine di latte di capra, al latte di capra destinato alla fabbricazione di un formaggio a pasta molle e breve periodo di maturazione, sulle caratteristiche tecnologiche del latte (coagulabilità, sineresi, acidificazione, resa, efficienza tecnologica) e le caratteristiche fisico-chimiche e nutrizionali del formaggio da esso derivato.

Materiali e metodi

La prova di fabbricazione è stata condotta presso il laboratorio del Settore scientifico tecnologia dell'Agenzia Agris Sardegna. Il microparticolato è stato preparato a partire da un concentrato di siero presamico di latte di capra in polvere (WPC, proteina 50 %, AVH DAIRY TRADE - The Netherlands). Una quantità predeterminata di WPC è stata utilizzata per la preparazione di una sospensione al 10 % di proteina e pH 6,60. In seguito, la sospensione (WPC/acqua) è stata sottoposta ad un trattamento termico di denaturazione

(80°C x 10') con lo scopo di provocare la completa precipitazione delle sieroproteine sottoforma di macroaggregati (Figura 1 A). Il preparato così ottenuto è stato sottoposto ad energica agitazione, mediante l'utilizzo di un dispersore ad alta velocità (ULTRA-TURRAX® T25, IKA, Staufen Germany) e successivamente microparticolato (Figura 1 B), mediante l'utilizzo di un omogeneizzatore ad alta pressione (Panther NS3006L, GEA Niro Soavi, - Parma).

Nella Figura 2 è riportato lo schema della prova. Il microparticolato è stato aggiunto al latte in lavorazione prima del trattamento termico di termizzazione, nella quantità necessaria ad incrementare il contenuto proteico naturale del latte in lavorazione, rispettivamente del 30 % (L1), del 20 % (L2) e del 10 % (L3). La quantità di microparticolato e di latte intero tal quale, necessari per la preparazione del latte delle tre tesi sperimentali (L1, L2, L3) è stata predeterminata applicando le seguenti formule:

$$x = \frac{(b_3 - b_2) \cdot m}{b_2 - b_1}$$

$$y = \frac{(b_3 - b_1) \cdot m}{b_2 - b_1}$$

x = Latte intero (kg)
y = Microparticolato (kg)
m = Latte in lavorazione (k)

b_1 = Proteina nel latte in lavorazione (%)
b_2 = Proteina nel latte intero tal quale (%)
b_3 = Proteina nel microparticolato (%)

Il latte intero tal quale (LC, controllo) e il latte intero con l'aggiunta del microparticolato (L1, L2, L3) (circa 12 L per ciascuna tesi) sono stati sottoposti alla trasformazione applicando la medesima tecnologia di fabbricazione (formaggio a pasta molle e breve periodo di maturazione). Sui campioni di latte, siero di fine lavorazione, siero di sgrondo, formaggio alle 24 e a maturazione (15 gg) sono state eseguite le determinazioni analitiche indicate in tabella 1.

Risultati

Nella tabella 2 sono riportati i parametri tecnologici rilevati nel corso della prova di fabbricazione. Le quantità di microparticolato e di latte intero tal quale, miscelati per la costituzione del latte delle tre tesi sperimentali (L1, L2, L3) sono state predeterminate sulla base del livello di integrazione del contenuto proteico naturale del latte intero (valore di proteina di LC) (L1, +30 %; L2, +20 %; L3, +10 %) e del contenuto proteico del microparticolato (Tabella 3). Come è normale attendersi, la quantità di microparticolato decresce con il diminuire del livello di integrazione del titolo proteico del latte in lavorazione (L1, 1,49 kg; L2, 0,95 kg, L3, 0,43 kg), mentre, la quantità di latte di capra intero tal quale, cresce specularmente (L1, 10,49 kg; L2, 11,08

kg; L3, 11,62 kg). In tabella è stato riportato il tempo di presa, ovvero il tempo che intercorre tra l'aggiunta della soluzione contenete gli enzimi coagulanti e la coagulazione del latte. Nel caso del latte delle tre tesi sperimentali (L1, L2, L3) è stato registrato un progressivo ritardo del tempo di coagulazione rispetto al latte LC. Come è possibile notare, il tempo di coagulazione segue un andamento crescente rispetto alla quantità di microparticolato aggiunto al latte in lavorazione (tempo di presa: L1> L2 > L3). Tale andamento, facilmente rilevabile anche dall'osservazione dei profili di coagulazione (Figura 3) potrebbe dipendere in parte, dall'interferenza delle particelle di microparticolato (Figura 1B) sulla superficie delle micelle caseiniche, rispetto all'azione degli enzimi coagulanti e in parte, dalla minore capacità di interazione tra le micelle caseiniche nella fase di coagulazione, per l'effetto di diluizione causato dall'aggiunta del micropartiolato al latte in lavorazione (Guinee, 1997).

Il ritardo nella coagulazione del latte L1, L2 ed L3 ha prodotto effetti negativi sulla coesione e consistenza della cagliata, che al termine della fase di indurimento, risultava più soffice e meno elastica rispetto a quella ottenuta dal latte LC. Tale aspetto ha influito negativamente sulla capacità di spurgo della cagliata, che nel caso delle tesi sperimentali, particolarmente L1, L2, ha prodotto un progressivo ritardo nella fase di estrazione della cagliata e della formatura. La minor attitudine allo spurgo delle cagliate sperimentali è anche confermata dalla minore quantità di siero di fine lavorazione raccolto al termine della fase di formatura (L1, 7,26 kg; L2, 7,67 kg; L3 7,77 kg; LC, 8,21 kg).

Per quanto riguarda la fase di acidificazione della cagliata, i formaggi sperimentali (F1, F2, F3) hanno richiesto un tempo di stufatura inferiore per il raggiungimento del pH finale (pH 5,80 circa) rispetto ad FC (circa 2 ore F1, F2, F3 contro circa 4 ore per FC). Tale andamento potrebbe essere correlato alla minore capacità di spurgo dei formaggi sperimentali rispetto al controllo. Infatti, la maggiore disponibilità di siero e quindi di lattosio nella cagliata, nel corso della fase di acidificazione, a parità di condizioni, facilita lo sviluppo della microflora lattica della coltura starter e di conseguenza velocizza il processo di acidificazione del formaggio. In tabella 2 è riportato lo spurgo totale, ovvero la somma del siero di fine lavorazione e del siero di spurgo raccolto sino alle 24 ore della produzione del formaggio. Lo spurgo totale del formaggio controllo FC (10,2 kg) è superiore rispetto a quello riscontrato nei formaggi sperimentali, che presentano valori simili fra loro (F1, 9,4 kg; F2, 9,6 kg; F3, 9,5 kg). Di conseguenza, la quantità di formaggio alle 24 ore dalle produzione, è risultata superiore nei formaggi sperimentali rispetto al formaggio controllo (F1, 2,19 kg; F2, 2,03 kg; F3, 1,99; FC, 1,54 kg).

Nella tabella 4 è riportata la composizione fisico-chimica del latte in lavorazione. Come è normale attendersi il contenuto di sostanza secca del latte LC è tendenzialmente inferiore rispetto a quello riscontrato nel latte delle tre tesi sperimentali (LC, 10,83%; L1, 11,80%; L2, 11,52%; L3, 11,20%). Tale differenza è dovuta, quasi esclusivamente, al progressivo incremento del contenuto in proteina, realizzato attraverso l'aggiunta di quantità crescenti di microparticolato nel latte delle tre tesi sperimentali (L1 > L2 > L3) (Tabella 2). Questo è confermato dal fatto che il contenuto delle altre componenti che con la proteina fanno parte integrante della sostanza secca (grasso e lattosio), nel latte controllo (LC) e nel latte delle tre tesi sperimentali, presentano valori pressoché simili (Tabella 4). Infatti il contenuto di grasso e di lattosio del microparticolato (Tabella 3) è tale, che nelle dosi impiegate, non determina grosse variazioni del contenuto di queste sostanze nel latte in lavorazione (L1, L2, L3).

L'incremento del contenuto in proteina realizzato nel latte delle tesi sperimentali è associato al progressivo decremento del rapporto grasso/proteina (LC, 0,96; L3, 0,91; L2, 0,85; L1, 0,80). Come è normale attendersi, la frazione proteica maggiormente interessata dall'incremento, dovuto all'aggiunta del microparticolato nel latte delle tre tesi sperimentali, è la sieroproteina e in misura minore la caseina.

Nella tabella 5 è stata riportata la composizione del siero di fine lavorazione e del siero di sgrondo. Per quanto riguarda la sostanza secca, è stato riscontrato che i sieri SC ed SgC presentano valori simili rispetto a S3 ed Sg3 e tendenzialmente inferiori rispetto a S1, S2 ed Sg1, Sg2. Un analogo andamento è stato anche riscontrato per quanto riguarda il contenuto di grasso e proteina.

Nella tabella 6 è riportata la composizione fisico-chimica del formaggio alle 24 ore dalla produzione. I valori di pH riscontrati nei formaggi F1, F2, F3, seppur nella norma della tecnologia di trasformazione adottata, risultano tendenzialmente inferiori rispetto al formaggio controllo FC. Tale aspetto è da correlare alla rapidità con la quale i formaggi sperimentali hanno raggiunto il pH di fine stufatura (2 ore contro 4 ore del controllo) (Tabella 2). Questa condizione, ha infatti reso meno efficace il rallentamento del processo di acidificazione nel corso della fase di refrigerazione applicata al termine della stufatura.

Per quanto riguarda l'umidità, i formaggi sperimentali presentano valori tendenzialmente superiori rispetto al formaggio controllo (F1, 67,45%; F2, 65,29%; F3, 63,63%; FC, 58,86%). Questo risultato è dovuto alla differenze riscontrate nella cinetica di spurgo e acidificazione dei formaggi sperimentali rispetto al controllo.

Il formaggio controllo presenta un contenuto di grasso e proteina tendenzialmente superiori rispetto ai formaggi sperimentali. In considerazione delle differenze nel contenuto di umidità precedentemente osservate, il contenuto di grasso e di proteina nei formaggi, è stato espresso anche come rapporto percentuale della sostanza secca. Come è possibile osservare, il formaggio controllo si conferma più grasso rispetto ai formaggi sperimentali, presentando valori di grasso/sostanza secca tendenzialmente superiori (FC, 47,88%; F1, 41,34%; F2 42,88; F3, 42,57%). Lo stesso andamento non si conferma per la proteina/sostanza secca, dove i valori superiori sono stati riscontrati invece nei formaggi F1 ed F2 (F1, 47,52%; F2, 45,89%), mentre il formaggio controllo (FC) presenta un valore simile rispetto ad F3 (FC, 43,17%; F3, 42,82%).

Nella tabella 6 sono anche riportati i parametri indicatori della proteolisi, espressa dai rapporti fra le frazioni azotate: azoto solubile/azoto totale e azoto solubile in acido tricloroacetico/azoto totale. Generalmente, nei formaggi alle 24 ore dalla produzione, essendo i processi proteolitici in una fase iniziale, non si riscontrano differenze tra i parametri indicatori della proteolisi. In questo caso, invece, il rapporto azoto solubile/azoto totale nei formaggi sperimentali è tendenzialmente superiore rispetto al controllo. Tale effetto non è dovuto a fenomeni di proteolisi, ma potrebbe dipendere dalla maggiore disponibilità di sieroproteine nel latte delle tesi sperimentali, che nella forma microparticolata vengono trattenute nella matrice caseinica del formaggio e durante la determinazione analitica vanno a finire nella frazione solubile a pH 4,6.

Nella tabella 7 è riportata la composizione del formaggio dopo 15 giorni di maturazione. Per quanto riguarda il pH, si conferma la tendenza già osservata nel formaggio alle 24 ore dalla produzione, con valori inferiori nel caso dei formaggi sperimentali rispetto al formaggio controllo. E' interessante osservare che a questo grado di maturazione, nel caso dei formaggi sperimentali, è stato riscontrato un debole decremento dei valori di pH rispetto ai valori rilevati alle 24 ore dalla produzione. Tale aspetto è probabilmente dovuto alla natura

dello starter utilizzato, che nei formaggi a più elevata umidità, è in grado di produrre una debole acidificazione anche dopo le 24 ore dalla produzione. Come è normale, i valori di umidità dei formaggi sono inferiori rispetto a quelli riscontrati alle 24 ore dalla produzione, a causa della naturale perdita di acqua che avviene nel corso delle fasi di salatura e di maturazione. E' stato osservato che, la perdita di umidità del formaggio, espressa dal rapporto[1], tra la differenza dei valori di umidità rilevati all'inizio e alla fine maturazione e il valore di umidità alle 24 ore, è tendenzialmente maggiore nei formaggi F1 ed F2 (rispettivamente 6,2% e 4,9%) rispetto ai formaggi FC ed F3 (rispettivamente 3,6% e 2,3%). Tale aspetto è probabilmente dovuto alla tendenza generale dei formaggi, che all'origine sono più umidi, a manifestare maggiori perdite di questo elemento nel corso della stagionatura. Per quanto riguarda il contenuto di grasso e proteina, i formaggi a confronto presentano un andamento simile a quello riscontrato alle 24 ore dalla produzione. In tabella 7 sono inoltre riportati i parametri indicatori della proteolisi (azoto solubile/azoto totale, azoto solubile in acido tricloroacetico/azoto totale, azoto solubile in acido fosfotungstico/azoto totale). I valori riscontrati possono essere considerati nella norma per la tipologia di prodotto realizzato, caratterizzato da elevata proteolisi nel breve periodo di maturazione. E' interessante osservare che i tre parametri in esame, nel caso del formaggio F3 presentano valori tendenzialmente superiori rispetto agli altri formaggi a confronto. Tale aspetto potrebbe dipendere dal fatto che in questo formaggio, la perdita di umidità nel corso delle fasi di salatura e maturazione, è risultata tendenzialmente inferiore rispetto agli altri formaggi, creando di conseguenza, condizioni certamente più favorevoli allo svolgimento dei processi enzimatici di proteolisi nel formaggio.

In tabella 7 è stato anche riportato il valore energetico complessivo del formaggio. Questo parametro è stato determinato in maniera indiretta, moltiplicando il contenuto dei macronutrienti principali (grasso e proteina) presenti in 100 g di formaggio per l'equivalente calorico degli stessi, espresso in kcal/g (grasso: 9 kcal/g, proteina: 4 kcal/g). Come atteso, il minor contenuto di grasso determina la riduzione del valore energetico dei formaggi sperimentali (circa 20 % in meno rispetto ad FC) (F1, 205,4 kcal/100 g; F2, 217,4 kcal/100 g; F3, 208,2 kcal/100 g; FC, 255,7 kcal/100 g;).

Nella tabella 8 sono riportati i parametri reologici rilevati sui formaggi dopo 15 di maturazione. I quattro parametri reologici (forza massima, indice della durezza del prodotto; area positiva, indice di consistenza del prodotto; forza massima negativa, indice di viscosità del prodotto; area negativa, indice di adesività del prodotto) sono stati ricavati attraverso l'elaborazione delle curve forza/spostamento (Figura 4). Come è possibile notare, il formaggio FC presenta valori di forza massima e area positiva sensibilmente superiori (maggiori di circa 4 volte) rispetto ai valori riscontrati nei formaggi sperimentali, risultando per tale ragione più duro e più coeso. Un andamento simile è stato riscontrato anche per quanto riguarda la forza negativa e l'area negativa. Infatti, il formaggio FC per questi due parametri mostra valori decisamente superiori rispetto ad F1, F2 ed F3, ad indicare una struttura caratterizzata anche da una maggiore adesività e viscosità. Questi risultati confermano l'efficacia del microparticolato nel ridurre la durezza e la consistenza dei prodotti casari, particolarmente evidente nei prodotti a minor contenuto di grasso. Le differenze tra i parametri reologici riscontrate nei formaggi in esame sono chiaramente visibili dall'osservazione del profilo di penetrazione

[1] Perdita di umidità nel formaggio = [(umidità alle 24 ore dalla produzione % - umidità alla maturazione %)/umidità alle 24 ore dalla produzione %] x 100;

(Figura 4). Come è possibile notare nella parte positiva della curva, il formaggio FC mostra un profilo caratterizzato da un incremento pressoché costante della forza di penetrazione, con un picco massimo (forza massima) che si realizza alla fine della penetrazione. Tale andamento è legato alle forze di coesione del prodotto che oppongono resistenza nella fase di penetrazione della sonda. Invece, nel caso dei tre formaggi sperimentali, che presentano fra loro un andamento molto simile, il picco massimo della forza di penetrazione si realizza all'inizio del test, successivamente la forza, non è influenzata dal grado di coesione del prodotto e mantiene un andamento pressoché costante durate la penetrazione. Anche per quanto riguarda la curva che si registra nella fase di risalita della sonda (curva negativa), si evidenzia un andamento sensibilmente differente tra i formaggi. Come si può notare, nei quattro formaggi a confronto, il picco di forza massima negativa si registra pressappoco allo stesso livello di spostamento della sonda (circa 14 mm), ma nel caso del formaggio FC, la forza negativa registrata è superiore per intensità e durata rispetto ai formaggi sperimentali. Tale aspetto è dovuto alla maggiore resistenza (maggiore adesività e viscosità) esercitata dalla pasta sulla sonda, nella fase di risalita dalla penetrazione.

Nella tabella 9 sono riportati i parametri relativi allo spurgo del siero, alla resa di trasformazione e al recupero della materia utile caseificabile. I valori relativi allo spurgo del siero (siero di fine lavorazione, siero sgrondo, siero totale), sono espressi come valore percentuale rispetto alla quantità di latte in lavorazione. Per quanto riguarda il siero di fine lavorazione, raccolto nella fase di trasferimento della cagliata negli stampi di formatura, è stato riscontrato che nel caso dei formaggi sperimentali, la quantità rilasciata è tendenzialmente inferiore rispetto al formaggio FC (F1, 61,7%; F2, 65,1%; F3 65,9%; FC, 69,3%). Tale aspetto è probabilmente dovuto al fatto che nel caso dei formaggi sperimentali, la capacità di sineresi del coagulo è stata alterata dall'aggiunta nel latte in lavorazione del microparticolato. Come precedentemente osservato, tale effetto è dovuto alle sieroproteine microparticolate che interferiscono con la caseina nella fase di coagulazione causando un allungamento del tempo di formazione del coagulo (tempo di presa) (Figura 3, Tabella 2) e alterando la capacità di aggregazione delle micelle caseiniche. Ne consegue una riduzione della capacità di contrazione del coagulo durante la sineresi. Infatti, come si può notare in tabella, nei formaggi sperimentali la perdita di siero di fine lavorazione assume un andamento inversamente proporzionale (F1<F2<F3) alla quantità di microparticolato aggiunto al latte in lavorazione (F1>F2>F3).

Nella tabella 9 è stato anche riportato il valore percentuale del siero di sgrondo rilasciato dai formaggi nella fase di acidificazione, raccolto sino alle 24 ore successive alla produzione. Come è possibile notare la quantità di siero sgrondo rilasciato dai formaggi sperimentali osserva una andamento contrario rispetto al siero di fine lavorazione, risultando più abbondante nel caso dei formaggi prodotti con dosi maggiori di microparticolato (F1>F2>F3). Questo effetto di compensazione, conferma che il microparticolato produce un rallentamento della cinetica di spurgo del siero, ma la dose aggiunta al latte in lavorazione, nelle condizioni in cui si è svolta la prova, non influisce sulla quantità complessiva di siero rilasciato dal formaggio durante il processo di trasformazione. Infatti, lo spurgo totale (somma del siero di fine lavorazione e del siero sgrondo) è simili nei tre formaggi sperimentali. Il siero sgrondo rilasciato dal formaggio controllo FC presenta un valore intermedio rispetto a quello osservato nel caso dei formaggi sperimentali, mentre lo spurgo totale, è tendenzialmente superiore (FC, 86,0%; F1, 80,1%, F2, 81,1%; F3, 80,5%).

Nella tabella 9 è anche riportata la resa di trasformazione calcolata alle 24 dalla produzione e al termine della maturazione del formaggio (15 giorni). Come è possibile notare, i formaggi sperimentali (F1, F2, F3) presentano una resa alle 24 ore tendenzialmente superiore rispetto al formaggio controllo FC (F1, 18,6%, F2, 17,3%; F3, 16,9%, FC, 13,0%). L'incremento di resa alle 24 ore dei formaggi sperimentali rispetto al controllo assume valori crescenti in funzione della quantità di microparticolato aggiunto (F1 vs FC, 42,5%; F2 vs FC 32,4%; F3 vs FC 29,6%). Tenuto conto delle differenze di umidità riscontrate tra i formaggi, la resa alle 24 ore è stata anche calcolata considerando un eguale valore di umidità dei formaggi a confronto (58,86%, umidità di FC) (resa corretta) (F1, 16,2%, F2, 15,6%; F3, 15,6%, FC, 13,0%). Come è possibile osservare, tale correzione determina una riduzione dei valori di incremento di resa tra i formaggi sperimentali e il formaggio controllo (F1 vs FC, 24,4%; F2 vs FC 19,4%; F3 vs FC 19,9%). I valori esposti suggeriscono che una quota dell'incremento di resa alle 24 ore dalla produzione dei formaggi sperimentali rispetto al controllo (circa 40%, F1 ed F2 vs FC; circa 33%, F3 vs FC) dipende dalla loro maggiore umidità, mentre, la quota restante dipende dalle differenze nella disponibilità di materia utile caseificabile nel latte in lavorazione (grasso e proteina), nonché dell'efficacia di recupero della stessa durante la trasformazione. La resa casearia è stata anche calcolata al termine del periodo di maturazione. I formaggi sperimentali confermano una resa superiore rispetto al formaggio controllo anche al termine della maturazione (F1, 15,9%, F2, 15,2%; F3, 14,5%, FC, 12,4%). Come si può osservare, in questo caso le differenze di resa tra i formaggi sperimentali ed il controllo si riducono a causa della tendenza dei formaggi sperimentali a realizzare cali ponderali superiori (F1, 14,4%, F2, 11,7%; F3, 14,3%, FC, 4,6%).

Nella tabella 9 sono stati riportati anche i parametri indicatori dell'efficienza tecnologica nel recupero della materia utile disponibile nel latte di partenza. Per quanto riguarda il coefficiente di recupero del grasso è stato riscontrato che i formaggi F1 ed F2 presentano un valore inferiore rispetto al formaggio controllo FC e al formaggio F3 (FC, 84,4%; F1, 78,8%, F2, 81,8%; F3, 84,4%). La minore efficienza tecnologica nel recupero del grasso di F1 ed F2 è dovuta all'effetto del microparticolato sulla capacità di coesione delle cagliata. Probabilmente la quantità di microparticolato utilizzata in L1 ed L2, riduce eccessivamente la resistenza meccanica del coagulo nella fase di rottura e formatura, con conseguenti maggiori perdite di grasso nel siero di fine lavorazione (Tabella 5).

Per quanto riguarda il coefficiente di recupero di proteina il formaggio controllo presenta un valore tendenzialmente superiore rispetto ad F1, ed inferiore rispetto a F2 e F3 (FC, 76,1%; F1, 73,3%, F2, 76,6%; F3, 79,5%). Come è possibile notare il recupero proteico dei formaggi sperimentali (F1<F2<F3) osserva un andamento contrario rispetto alla quantità di microparticolato aggiunto (F1>F2>F3). Tale effetto è probabilmente dovuto all'eccessiva carenza di coesione del coagulo ottenuto dal latte con più elevata aggiunta di microparticolato (L1 ed L2), causata dall'interferenza diretta delle microparticelle nella fase di formazione del coagulo e dall'eccessiva riduzione del rapporto caseina/sieroproteina. Tale condizione, comporta maggiori perdite di proteina nella fase di rottura e di formatura.

Il coefficiente di recupero della sostanza secca è naturalmente influenzato dal recupero di grasso e proteina (parte integrante della sostanza secca). Come si può notare, i formaggi sperimentali presentano per questo parametro valori tendenzialmente superiori rispetto al controllo ma, per i motivi già esposti, il miglior recupero

di sostanza secca si riscontra nel formaggio F3, ove l'integrazione con il microparticolato è inferiore (FC, 49,3%; F1, 51,2%, F2, 52,0%; F3, 54,9%).

I coefficienti di recupero della materia utile permettono di valutare il grado di efficienza tecnologica del latte in lavorazione, trasformato nelle medesime condizioni, ma non forniscono indicazioni sulla quantità della materia utile (proteina e grasso) apportata al latte in lavorazione con l'aggiunta del microparticolato, effettivamente recuperata nel formaggio che da esso deriva. Per tale ragione è stato elaborato un bilancio materia della proteina e del grasso (tabella 10). In tabella è stata riportata la quantità totale di proteina in grammi presente nel latte in lavorazione (circa 12 L). Come si può notare, nel latte delle tre tesi sperimentali L1, L2, L3, sono stati integrati con il microparticolato, rispettivamente 102 g, 63 g, 30 g, di proteina (Differenza proteina rispetto a LC) mentre, nei formaggi derivati, F1, F2, F3, la differenza del contenuto totale di proteina rispetto a FC, è rispettivamente di 64 g , 49 g e 36 g. Di conseguenza nel caso dei formaggi F1 ed F2 si ha una perdita della proteina aggiunta, rispettivamente di 38 g e 13 g, mentre nel caso del formaggio F3 si è riscontrato un recupero totale della proteina aggiunta. Per quanto riguarda il grasso, nel latte delle tre tesi sperimentali L1, L2, L3 (circa 12 L), sono stati integrati con il microparticolato, rispettivamente 13 g, 10 g, 5 g, (differenza grasso rispetto a LC), mentre, nei formaggi derivati, F1, F2, F3, la differenza di contenuto in grasso, rispetto ad FC, è rispettivamente di -10 g , -2 g e 4 g (differenza grasso dispetto a FC). Di conseguenza, nel caso dei formaggi F1, F2, ed F3 la perdita di grasso è rispettivamente, di 23 g, 11 g e 1 g.

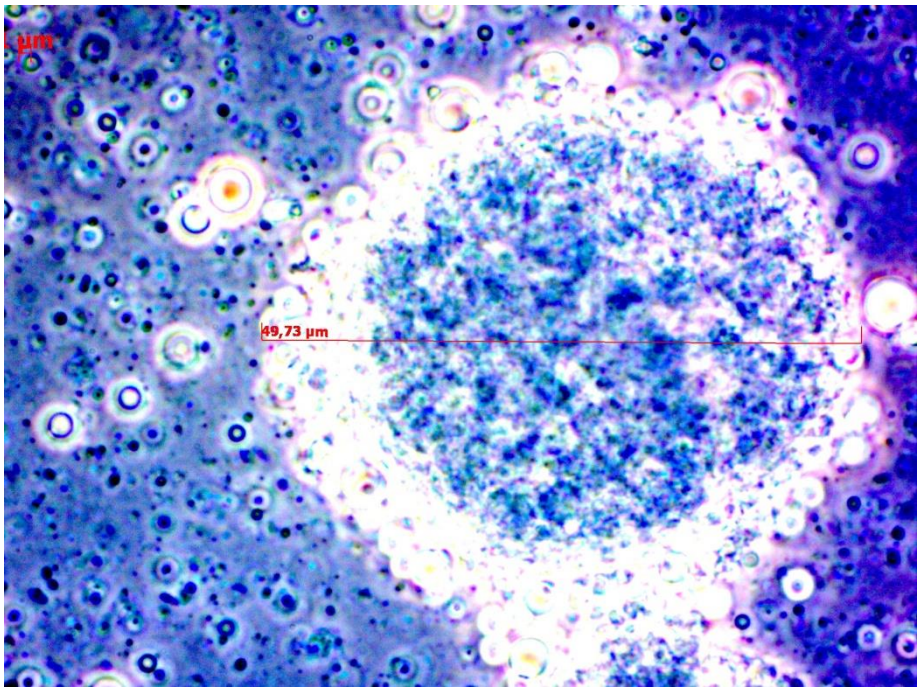
Conclusioni

L'integrazione del microparticolato al latte in lavorazione comporta l'alterazione delle caratteristiche tecnologiche del latte. Tale aspetto è dovuto prevalentemente alle variazioni qualitative della frazione proteica (diminuzione del rapporto caseina/sieroproteina) e all'interazione delle particelle del microparticolato con la caseina. Gli effetti riscontrati appaiono dose-dipendenti e riguardano in particolare la coagulazione, le caratteristiche di coesione del coagulo e la capacità di spurgo e sono particolarmente evidenti nel latte con i maggiori livelli di integrazione di microparticolato (L1, L2). I formaggi sperimentali (F1, F2, F3) presentano differenze di composizione fisico-chimica rispetto al formaggio di riferimento (FC), risultando in particolare più umidi e meno grassi. La variazione del contenuto di macronutrienti (grasso e proteina) determina in questi formaggi una riduzione del valore energetico (circa 20% in meno) rispetto al valore energetico del formaggio controllo. I formaggi sperimentali presentano, inoltre, un valore biologico della frazione proteica in quanto il processo tecnologico applicato consente di trattenere nel formaggio maggiori quantità di sieroproteine, rispetto al formaggio di riferimento. Dal punto di vista reologico i formaggi sperimentali sono caratterizzati da una struttura meno coesa e meno dura rispetto al formaggio di riferimento, nonostante siano caratterizzati da un minor contenuto di grasso. I formaggi sperimentali sono caratterizzati da un rilevante incremento di resa rispetto al formaggio controllo, dovuto in parte alle differenze di umidità riscontrate tra i formaggi. Dal punto di vista tecnologico, solamente il latte con il minor livello di integrazione di microparticolato (L3) è in grado di garantire un efficienza nel recupero delle macrocomponenti (grasso e proteina) superiore rispetto al controllo, permettendo per tale ragione il completo recupero della materia utile caseificabile (grasso e proteina) apportata al latte in lavorazione con il microparticolato. Tale aspetto

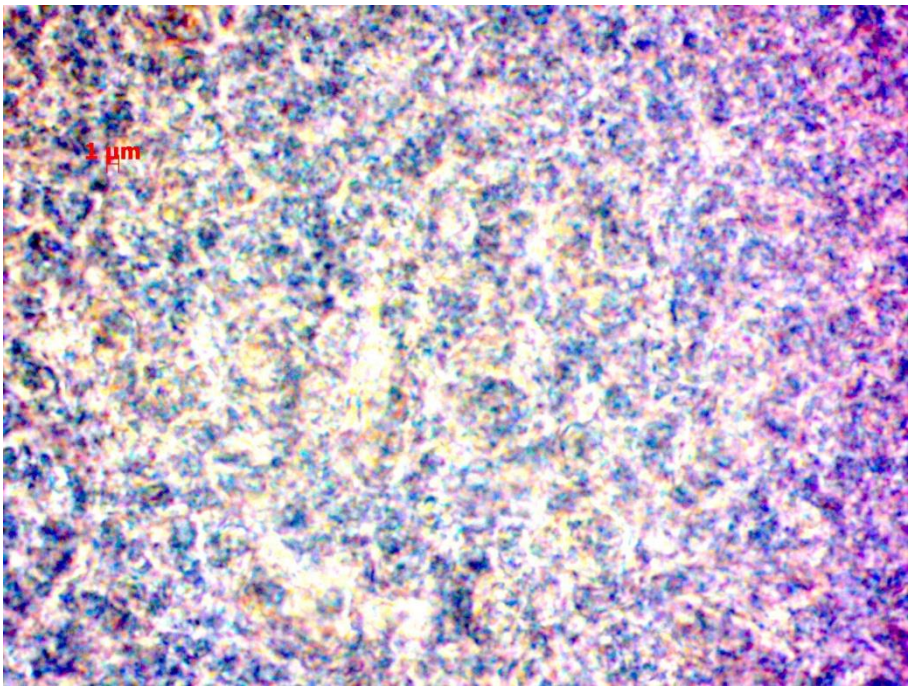
renderebbe economicamente meno conveniente l'integrazione del microparticolato al latte in lavorazione a livelli superiori rispetto a quello di L3.

I formaggi sono stati assaggiati da un gruppo di tecnici e ricercatori esperti del settore. I formaggi sperimentali sono stati giudicati molto interessanti, in quanto hanno mostrato caratteristiche uniche che li differenziano dal formaggio di riferimento. Le principali differenze sono state riscontrate a carico della struttura, più solida e sostenuta nel formaggio controllo e, morbida, untuosa e spalmabile, simile a quella tipica della "crescenza", nei tre formaggi sperimentali. Il sapore dei formaggi sperimentali è risultato lievemente più acido e tendente all'amaro rispetto al controllo, non sono stati riscontrati particolari difetti di aroma e sapore.

Figure e tabelle



A



B

Figura 1 – Macroaggregato di sieroproteine nella sospensione WPC/acqua dopo la denaturazione termica (A) microparticolato dopo l'omogeneizzazione (B)

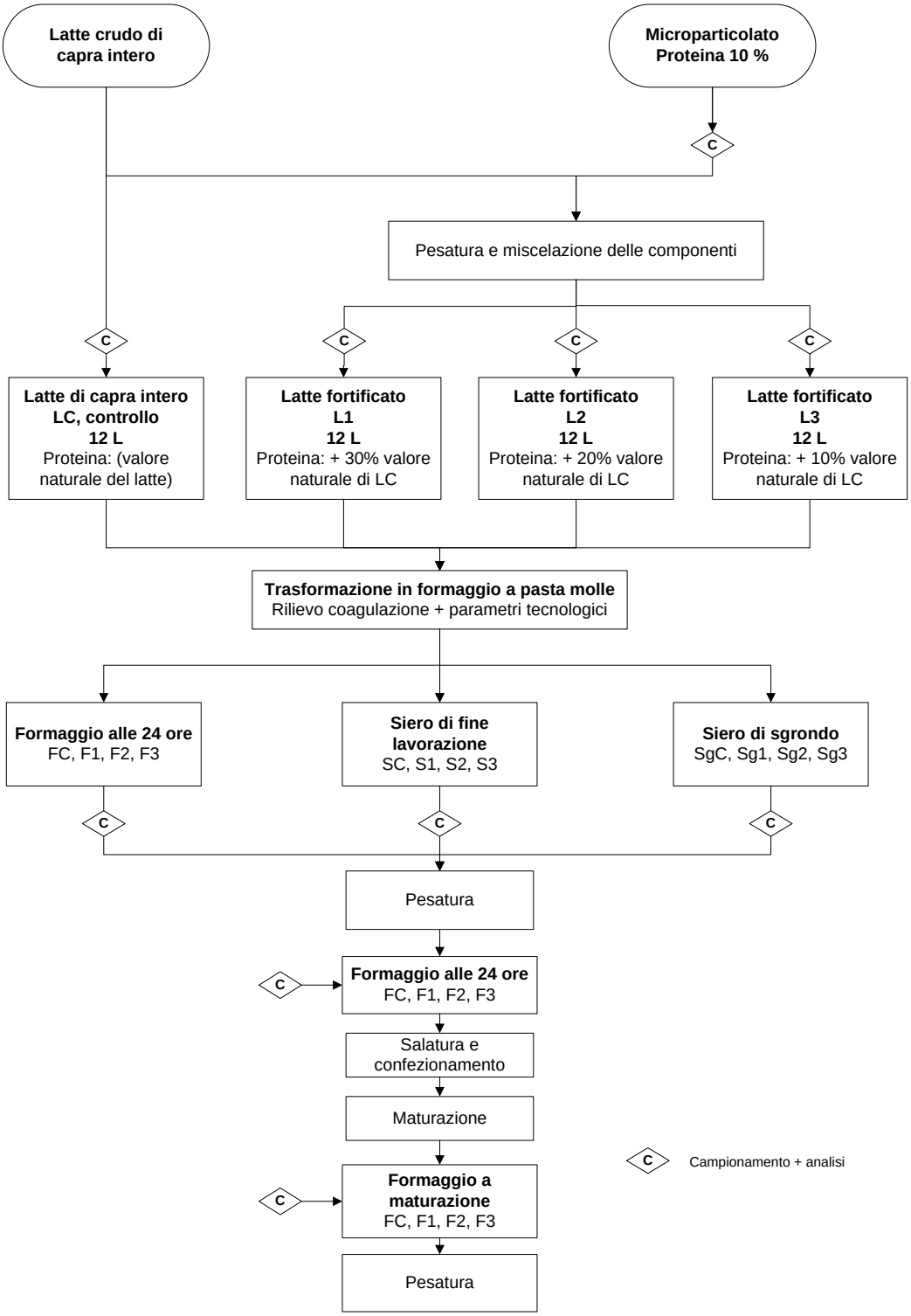


Figura 2 – Schema di flusso della prova

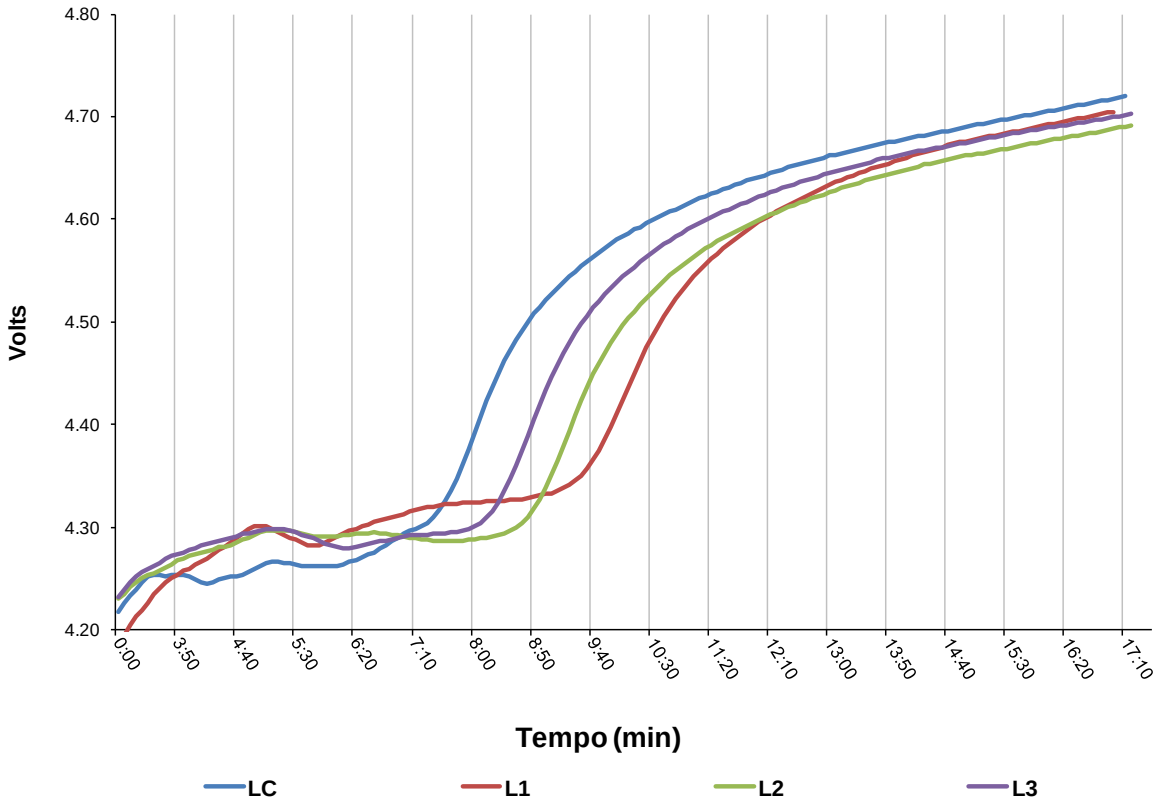


Figura 3 – Profilo di coagulazione del latte

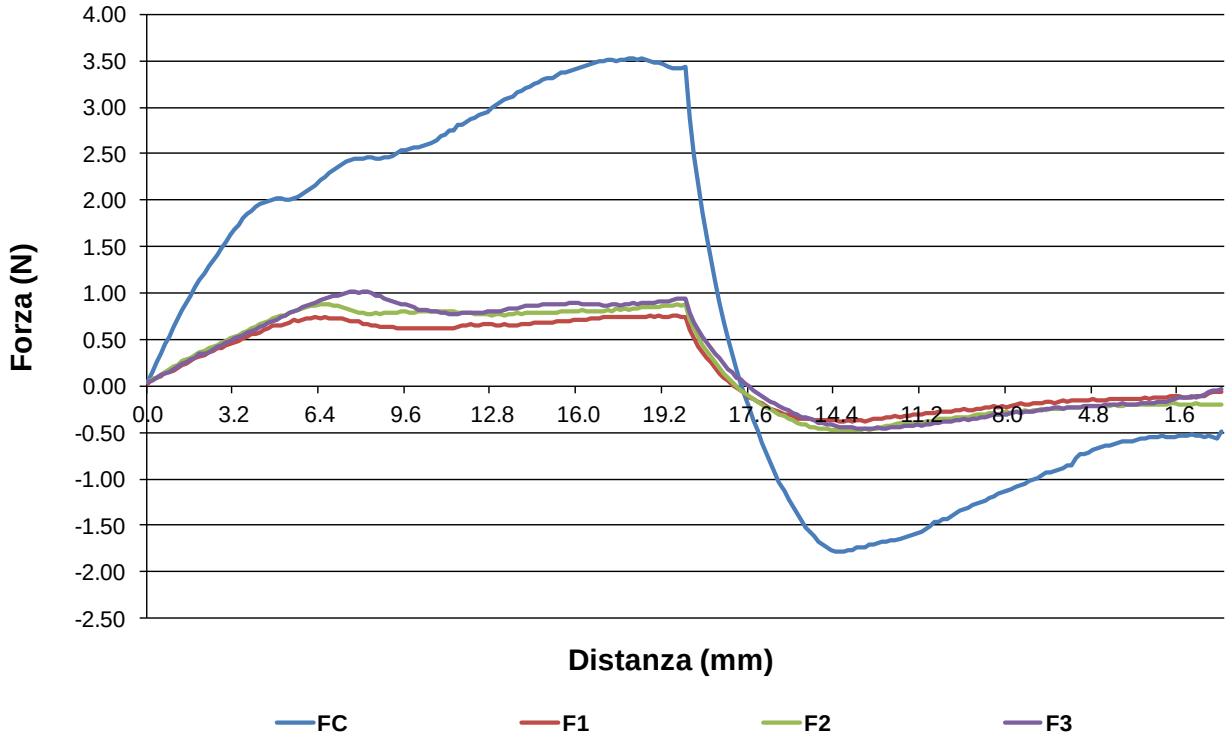


Figura 4 – Profilo di penetrazione dei formaggi dopo 14 giorni maturazione

Tabella 1 – Determinazioni analitiche

Campione	Analisi
Latte intero, Latte in lavorazione (LC, L1, L2, L3[1])	**Milkoscan** (Foss) **pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte IV) **Profilo di coagulazione**: sonde di coagulazione (Minifromagerie, Inra, France)
Microparticolato al 10%	**pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29)
Siero di fine lavorazione (SC, S1, S2, S3) e siero sgrondo[2] (SgC, Sg1, Sg2, Sg3)	**pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II)
Formaggio alle 24 ore e a maturazione (FC, F1, F2, F3)	**pH** (metodo potenziometrico con pHmetro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (ISO 3433-IDF 222, 2004) **Grasso** (metodo Soxhlet) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **NS, NS-TCA** (Gripon, Desmazeaud, Le Bars, and Bergere, 1975)
Formaggio a maturazione	**Analisi di struttura**: test di penetrometria eseguito direttamente sulla forma (sonda: diam. 4 mm, penetrazione: 20 mm, velocità pre-test, test e post-test: 1 mm/s, T° 15 °C)

[1] Il latte LC, L1, L2, L3 è stato prelevato direttamente in caldaia dopo il trattamento termico di termizzazione; [2] Il siero sgrondo è stato raccolto sino alle 24 ore dalla produzione.

Tabella 2 – Parametri tecnologici

Descrizione		U.M.	LC	L1	L2	L3
Latte caprino intero		**kg**	**12,06**	**10,49**	**11,08**	**11,62**
Quantità di microparticolato al 10% PR		**kg**	0	1,49	0,95	0,43
Campione prelevato			0,206	0,207	0,259	0,259
Latte in caldaia		kg	**11,85**	**11,77**	**11,78**	**11,79**
Trattamento termico		°C	63	63	63	63
Tipo d'innesto			**Coltura liofilizzata STR 340 B.M.B.**			
Quantità di innesto		g/L	0,25	0,25	0,25	0,25
Temperatura di coagulazione		°C	36	36	36	36
Tipo di caglio utilizzato			Bellucci 1:50,000			
Quantità di caglio		g/L	0,08	0,08	0,08	0,08
Durata della presa		mm:ss	07:50	09:55	09:10	08:50
Durata dell'indurimento		mm:ss	11:45	14:52	13:45	13:15
Giacenza dopo 1 a rottura		mm:ss	06:00	08:00	08:00	08:00
Quantità di siero di fine lavorazione		**kg**	**8,21**	**7,26**	**7,67**	**7,77**
Temperatura di stufatura		°C	36,0	36,0	36,0	36,0
Inizio stufatura		hh:mm	10:07	10:48	11:04	11:30
Fine stufatura		hh:mm	14:14	12:50	13:00	13:20
Durata stufatura		hh:mm	04:07	02:02	01:56	01:50
pH del formaggio a fine stufatura		UpH	5,8	5,8	5,85	5,85
Temperatura locale di raffreddamento fine stufatura		°C	5	5	5	5
pH del formaggio alle 24 ore		UpH	5,53	5,45	5,45	5,36
Quantità di siero di sgrondo		**kg**	**1,97**	**2,17**	**1,88**	**1,72**
Quantità di formaggio alle 24 ore		**kg**	**1,54**	**2,19**	**2,03**	**1,99**
Spurgo totale (Siero di fine lavorazione + siero di sgrondo)		**kg**	**10,2**	**9,4**	**9,6**	**9,5**
Forme		**n.**	**3**	**3**	**3**	**3**
Salatura	Tipo		Sale fino			
	Quantità di sale	g/kg	15	15	15	15
	Temperatura	°C	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
Maturazione	Temperatura	°C	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
	Durata	giorni	14	14	14	14
Sigle sui formaggi prodotti			**FC**	**F1**	**F2**	**F3**

Tabella 3 – Composizione fisico-chimica del microparticolato

pH (UpH)	6,60
Sostanza secca (%)	17,68
Grasso (%)	3,40
Proteina (%)[1]	9,93
Grasso/proteina	0,34
Caseina (%)[2]	3,60
Sieroproteina (%)[3]	6,40
Azoto non proteico (%)	0,22
Lattosio (%)	3,60

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 4 – Composizione fisico-chimica del latte in lavorazione

	LC	**L1**	**L2**	**L3**
pH (UpH)	6,68	6,67	6,66	6,64
Sostanza secca (%)	10,83	11,80	11,52	11,20
Grasso (%)	3,04	3,17	3,14	3,10
Proteina (%)[1]	3,04	3,92	3,59	3,31
Grasso/proteina	1,00	0,80	0,85	0,91
Caseina (%)[2]	2,14	2,32	2,25	2,19
Sieroproteina (%)[3]	0,91	1,59	1,34	1,10
Azoto non proteico (%)	0,044	0,066	0,063	0,052
Lattosio (%)	4,09	4,12	4,12	4,14

[1] Proteina: azoto totale x 6,38; [2] Caseina: (azoto totale – azoto solubile a pH 4,6) x 6,38; [3] Sieroproteina: azoto solubile a pH 4,6 x 6,38.

Tabella 5 – Composizione fisico-chimica del siero

Siero di fine lavorazione[1]	**SC**	**S1**	**S2**	**S3**
Sostanza secca (%)	6,51	6,95	6,75	6,58
Grasso (%)	0,64	0,90	0,75	0,64
Proteina (%)	1,08	1,29	1,22	1,09
Siero di sgrondo[2]	**SgC**	**Sg1**	**Sg2**	**Sg3**
Sostanza secca (%)	5,94	6,43	6,34	5,95
Grasso (%)	0,30	0,63	0,52	0,43
Proteina (%)	1,10	1,17	1,18	1,16

[1] Siero raccolto al termine della fase di formatura. [2] Siero raccolto al termine della fase di acidificazione.

Tabella 6 – Composizione fisico-chimica del formaggio alle 24 ore

	FC	**F1**	**F2**	**F3**
pH (UpH)	5,69	5,33	5,35	5,29
Umidità (%)	58,86	67,45	65,29	63,63
Grasso (%)	19,70	13,46	14,88	15,48
Proteina (%)	17,76	15,47	15,93	15,57
Grasso/sostanza secca (%)	47,88	41,34	42,88	42,57
Proteina/sostanza secca (%)	43,17	47,52	45,89	42,82
Azoto solubile/azoto totale (%)	7,04	8,83	8,97	7,74
Azoto solubile in TCA[1]/azoto totale (%)	4,11	4,27	3,08	4,47
Azoto solubile in PTA[2]/azoto totale (%)	0,63	0,95	0,70	0,94

[1] TCA: acido tricloroacetico; [2] PTA: acido fosfotungstico

Tabella 7 – Composizione fisico-chimica e valore energetico del formaggio dopo 15 giorni di maturazione

	FC	F1	F2	F3
pH (UpH)	5,62	5,14	5,21	5,15
Umidità (%)	56,73	63,26	62,06	62,15
Grasso (%)	20,72	15,19	16,27	16,11
Proteina (%)	17,31	17,16	17,73	15,80
Grasso/sostanza secca (%)	47,88	41,34	42,88	42,57
Proteina/sostanza secca (%)	40,00	46,70	46,73	41,73
Azoto solubile/azoto totale (%)	11,35	11,45	11,09	13,71
Azoto solubile in TCA[1]/azoto totale (%)	4,42	4,05	4,12	4,62
Azoto solubile in PTA[2]/azoto totale (%)	1,73	1,30	1,69	1,90
Valore energetico (kcal/100g)	255,7	205,4	217,4	208,2

[1] TCA: acido tricloroacetico; [2] PTA: acido fosfotungstico

Tabella 8 – Parametri reologici del formaggio dopo 15 giorni di maturazione

	FC	F1	F2	F3
Forza massima (N)	3,55	0,80	0,93	1,03
Area positiva (N mm)	100,61	24,48	28,60	30,35
Forza massima negativa (N)	1,79	0,40	0,49	0,48
Area negativa (N mm)	39,72	8,28	11,30	10,03

Tabella 9 – Spurgo del siero, resa e coefficienti di recupero materia utile caseificabile

	FC	F1	F2	F3
Siero di fine lavorazione (%)[1]	69,3	61,7	65,1	65,9
Siero sgrondo (%)[2]	16,6	18,4	16,0	14,6
Siero totale (%)[3]	86,0	80,1	81,1	80,5
Resa alle 24 ore (%)	13,0	18,6	17,3	16,9
Incremento di resa alle 24 ore vs FC (%)	-	42,5	32,4	29,6
Resa corretta[4] (%)	13,0	16,2	15,6	15,6
Incremento di resa corretta vs FC (%)	-	24,4	19,4	19,9
Resa alla maturazione (%)	12,4	15,9	15,2	14,5
Incremento di resa alla maturazione vs FC (%)	-	27,8	22,6	16,4
Calo peso a maturazione (%)	4,6	14,4	11,7	14,3
Coefficiente di recupero grasso (%)	84,4	78,8	81,8	84,4
Coefficiente di recupero proteina (%)	76,1	73,3	76,6	79,5
Coefficiente di recupero sostanza secca (%)	49,3	51,2	52,0	54,9

[1] Siero raccolto al termine della fase di formatura, valore in percentuale rispetto al latte in lavorazione, [2] Siero raccolto al termine della fase di acidificazione, valore in percentuale rispetto al latte in lavorazione, [3] Somma del siero di fine lavorazione e del siero di sgrondo, [4] Resa alle 24 ore corretta al valore di umidità di FC.

Tabella 10 – Bilancio materia della proteina e del grasso

	LC/FC	L1/F1	L2/F2	L3/F3
Proteina nel latte in lavorazione (g)	360	462	423	390
Differenza proteina rispetto a LC (g)		102	63	30
Proteina nel formaggio alle 24 ore (g)	274	338	324	310
Differenza proteina rispetto a FC (g)		64	49	36
Perdita/recupero (g) [(1)]		-38	-13	6
Grasso nel latte in lavorazione (g)	360	373	370	365
Differenza grasso rispetto a LC (g)		13	10	5
Grasso nel formaggio alle 24 ore (g)	304	294	302	308
Differenza grasso rispetto a FC (g)		-10	-2	4
Perdita/recupero (g) [(2)]		-23	-11	-1

[(1)] (Differenza proteina rispetto a FC - Differenza proteina rispetto a LC); [(2)] (Differenza grasso rispetto a FC - Differenza grasso rispetto a LC).

Prove di fabbricazione di un prodotto funzionale a coagulazione acida a partire da latte di capra fortificato con aggiunta di microparticolato di siero di latte di capra, olio di alga ed inulina

E' stata condotta una sperimentazione che ha consentito la realizzazione di un prodotto funzionale da latte di capra contenente una coltura probiotica. Il prodotto funzionale studiato è stato ottenuto attraverso la coagulazione acida di latte di capra, fortificato mediante aggiunta di quantità predeterminate di microparticolato (prodotto a partire da WPC, *Whey Protein Concentrate*; siero presamico di capra concentrato), olio di alga ed inulina DP≥20. Alla coltura lattica starter, impiegata per il processo di fermentazione del latte fortificato, è stata associata anche una coltura probiotica.

Le proprietà funzionali del prodotto studiato deriverebbero dal maggior contenuto in sieroproteine (grazie all'impiego del microparticolato), dall'integrazione con l'olio di alga fonte di omega 3 (acido eicosapentanoico - EPA + acido docosaesaenoico - DHA), dalla presenza dell'inulina (fibra solubile prebiotica) e della coltura probiotica. In questo prodotto, l'inulina, oltre ad avere una specifica funzione prebiotica, sia sulla flora intestinale naturale che sul probiotico ingerito con l'alimento, svolge anche un'interessante azione tecnologica, migliorando la cremosità del prodotto.

Il microparticolato è una sostanza che si ottiene dal siero presamico concentrato per ultrafiltrazione. Il siero concentrato è sottoposto ad un trattamento di denaturazione termica in costante agitazione, con elevata velocità di scorrimento e successivamente è sottoposto alla microparticolzione o microfluidificazione mediante un trattamento meccanico, generalmente l'omogeneizzazione. Il trattamento di microfluidificazione riduce le dimensioni dei macroaggregati proteici, costituiti dalle sieroproteine denaturate, sino a trasformarle in particelle delle dimensioni simili a quelle dei globuli di grasso del latte (1-10 μm). Le proprietà tecnologiche delle sieroproteine termo-denaturate associate al trattamento di microparticolazione conferiscono al microparticolato proprietà simili a quelle del grasso del latte, rendendolo idoneo all'utilizzo come sostanza mimetica del grasso, "fat-replacer", nei prodotti caseari magri. Molti studi hanno dimostrato che il microparticolato è in grado di migliorare le proprietà sensoriali dei prodotti magri, conferendo agli stessi palatabilità e consistenza simili a quelle dei prodotti *full-fat*. Dal punto di vista nutrizionale, l'integrazione del microparticolato al latte in lavorazione è assai interessante, non solo per la riduzione del valore energetico dei prodotti derivati, conseguente alla riduzione proporzionale del contenuto di grasso, ma anche per l'incremento in questi prodotti, del contenuto in sieroproteine caratterizzate da un elevato valore biologico e ricche in aminoacidi essenziali ad alta biodisponibilità. L'aggiunta al latte in lavorazione del microparticolato, rispetto ad altre forme di integrazione (aggiunta diretta di WPC e WPI, *Whey Protein Isolate*), permette di aumentare il contenuto delle sieroproteine senza il rischio che le stesse vadano incontro a fenomeni di aggregazione e flocculazione, con conseguente separazione di fase, durante i trattamenti termici ai quali il latte è normalmente sottoposto prima della trasformazione.

Lo scopo di questa sperimentazione è stato quello di mettere a punto il processo tecnologico di fabbricazione del prodotto funzionale. Il prodotto così realizzato è stato caratterizzato dal punto di vista fisico-chimico e nutrizionale e nel contempo sono stati anche valutati gli effetti della coltura probiotica sul profilo acidico e aromatico-volatile. Per quanto riguarda la *shelf-life* del prodotto, particolare attenzione è

stata riservata all'evoluzione del profilo acidico, del profilo volatile-aromatico e della concentrazione della coltura probiotica aggiunta.

Materiali e metodi

Le prove sono state condotte presso i laboratori dei Settori scientifici tecnologia, chimica e microbiologia dell'Agenzia Agris Sardegna. Sono state eseguite complessivamente 11 lavorazioni, di queste, 2 preliminari, con le quali si è proceduto alla messa a punto del processo tecnologico di fabbricazione e 9 sperimentali (3 tesi x 3 repliche), necessarie per la caratterizzazione fisico-chimica e nutrizionale del prodotto realizzato.

Il prodotto relativo alle prove sperimentali è stato fabbricato a partire da latte di capra fortificato attraverso l'aggiunta di alcune sostanze a valenza funzionale. Il latte fortificato (LPF1, LPF2, LPF3) è stato preparato sulla base di caratteristiche fisico-chimiche e nutrizionali predefinite (Tabella 1) ed ottenuto mediante la miscelazione di quantità prestabilite dei seguenti ingredienti: latte di capra intero, latte di capra scremato, crema di latte di capra, microparticolato, olio di alga (Life's omega 45 - DSM, Denmark) ed inulina (Fibruline XL - Cosucra, Belgium).

A partire dal latte fortificato sono stati realizzati tre prodotti funzionali a coagulazione acida:

- PF1 - (Tesi 1, Latte fortificato LPF1 + colture lattiche, senza coltura probiotica);
- PF2 - (Tesi 2, Latte fortificato LPF2 + colture lattiche, con coltura probiotica);
- PF3 - (Tesi 3, Latte fortificato LPF3 + colture lattiche, con coltura probiotica);

Per quanto riguarda gli ingredienti necessari per la preparazione del latte fortificato, il latte (latte intero e scremato), la crema di latte di capra e il microparticolato sono stati preparati nel laboratorio di tecnologia, mentre i prodotti commerciali (Life's omega 45 - DSM, Denmark e Fibruline XL - Cosucra, Belgium), sono stati aggiunti direttamente nel latte nella fase di miscelazione con gli altri ingredienti.

Le quantità degli ingredienti necessarie per la preparazione del latte fortificato, sono in funzione della composizione centesimale di ciascuna formulazione (LPF1, LPF2, LPF3) (Tabella 1), nonché della composizione centesimale degli ingredienti utilizzati (latte di capra intero, latte di capra scremato, crema di latte di capra, microparticolato, olio di alga, inulina). Il calcolo di dette quantità è stato eseguito mediante l'applicazione di un sistema matematico di 5 equazioni appositamente elaborato (Figura 1).

Nella figura 2 è riportato lo schema generale del processo tecnologico di fabbricazione che è stato applicato nel corso della sperimentazione. Il latte di capra intero utilizzato durante la sperimentazione è stato prelevato direttamente dall'allevamento dell'Agenzia Agris Sardegna. Una parte del latte intero necessario per la preparazione del latte fortificato è stata conservata a 4 °C sino al momento dell'utilizzo, mentre la restante parte è stata sottoposta alla scrematura (Seital, Parma, Italia) per la produzione della crema e del latte scremato necessari.

Il microparticolato è stato preparato a partire da un concentrato di siero presamico di latte di capra in polvere (WPC, proteina 50 %, AVH Dairy Trade, The Netherlands). Una quantità predeterminata di WPC è stata utilizzata per la preparazione di una sospensione al 10 % di proteina e pH 6,60. In seguito, la sospensione (WPC/acqua) è sottoposta ad un trattamento termico di denaturazione (80°C x 10') con lo scopo di

provocare la completa precipitazione delle sieroproteine sottoforma di macroaggregati (Figura 3 A). Il preparato così ottenuto è stato sottoposto ad energica agitazione, mediante l'utilizzo di un dispersore ad alta velocità (ULTRA-TURRAX® T25, IKA, Staufen Germany) e successivamente microparticolato (Figura 3 B), mediante l'utilizzo di un omogeneizzatore ad alta pressione (Panther NS3006L, GEA Niro Soavi, - Parma).
Gli ingredienti utilizzati nella preparazione del latte fortificato, 5 kg per ciascuna delle formulazioni studiate (LPF1, LPF2, LPF3), sono stati pesati separatamente e quindi miscelati. Il latte fortificato così ottenuto è stato preriscaldato a 60 °C, omogeneizzato alla pressione di 200 Bar (Panther NS3006L, GEA Niro Soavi) e pastorizzato a 90 °C x 20'. In seguito il latte è stato raffreddato sino alla temperatura di incubazione (42 - 44°C) e inoculato con le colture lattiche (YO-MIX 511, Danisco, Denmark; dose inoculo: 0,25 DCU/kg; MD 88 Danisco, Denmark; dose inoculo: 0,02 DCU/kg) e la coltura probiotica (*Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12®, Chr-Hansen, Denmark; presente solo in PF2 e PF3, inoculo: 7 $\log_{10}$ UFC/g). La fermentazione lattica è stata interrotta mediante raffreddamento a 4 °C, quando il pH nel prodotto ha raggiunto un valore compreso tra 4,70 – 4,80 UpH. Il prodotto confezionato (PF1, PF2, PF3) è stato mantenuto a 4±1 °C per 30 gg di conservazione. Sui campioni di latte, crema, microparticolato, latte fortificato e prodotto funzionale alle 24 h e dopo 15 e 30 giorni di conservazione, sono state eseguite le analisi indicate in tabella 2. Le determinazioni analitiche riguardanti la caratterizzazione fisico-chimica e nutrizionale sono state effettuate sul prodotto funzionale a 24 ore dalla produzione e dopo 15 giorni di conservazione, mentre la conta sulla coltura probiotica è stata determinata sul prodotto alle 24 ore dalla produzione e dopo 15 e 30 giorni di conservazione.

Risultati

Nella tabella 3 è riportata la quantità degli ingredienti utilizzati per la preparazione del latte fortificato (5 kg per ciascuna formulazione). Come si può notare il latte LPF1 ed LPF2 sono stati preparati a partire dagli stessi ingredienti utilizzati nelle medesime quantità. Come è normale, il latte intero costituisce l'ingrediente più abbondante di queste due formulazioni, esso è caratterizzato da un contenuto di grasso (Tabella 4) mediamente inferiore rispetto al valore prestabilito per LPF1 e LPF2 (3,79±0,16% contro 4,0%, Tabella 1), pertanto si è reso necessario, in queste due formulazioni, l'impiego di crema di latte (circa 57 g/5 kg). Come si può notare in tabella 4, il microparticolato è l'ingrediente con il maggior contenuto di proteina (circa 10%) e dopo il latte intero è l'ingrediente più abbondante in quanto permette di incrementare il contenuto di proteina delle formulazioni, dal valore naturale del latte intero (3,26±0,04%) al valore prestabilito per ciascuna di esse (5 %, Tabella 1). Il latte LPF3, a differenza di LPF1 e LPF2, contiene l'1% di olio di alga (Life's omega 45) (50 g/5 kg), quale fonte di omega 3. L'aggiunta dell'1% dell'olio di alga comporta un incremento lineare del contenuto di grasso della formulazione LPF3 che viene compensata attraverso la riduzione del latte intero e l'aggiunta di una quantità proporzionale di latte scremato (Tabella 3). Tale condizione permette di mantenere il grasso di LPF3 al valore prestabilito per questa formulazione (4%, Tabella 1). Come è normale attendersi, essendo il contenuto prestabilito dell'inulina uguale per tutte e tre le formulazioni studiate (7,0%, Tabella 1), di conseguenza, la quantità di Fibruline XL aggiunta è costante (368,4 g/5 kg).

Nella tabella 5 è riportata la composizione fisico-chimica del latte fortificato. Come è possibile osservare, nelle tre formulazioni (LPF1, LPF2, LPF3) studiate, esso presenta un contenuto di grasso, proteina e inulina in linea con i valori prestabiliti (Tabella 1). Tale aspetto conferma la validità del metodo utilizzato nel predeterminare il contenuto di queste sostanze nel latte fortificato. Per quanto riguarda il contenuto in omega 3 (DHA + EPA) il latte LPF3 (latte arricchito con olio di alga, fonte di omega 3), presenta valori tendenzialmente superiori rispetto ai valori prestabiliti nella formulazione di partenza (Tabella 1). Tale aspetto potrebbe dipendere dal fatto che il contenuto in omega 3 dell'olio di alga utilizzato (Life's omega 45) sia leggermente superiore rispetto al valore indicato dall'azienda produttrice ed utilizzato come base di calcolo per l'integrazione di questa sostanza nel latte. E' interessante osservare che il latte fortificato, nelle tre formulazioni studiate, è caratterizzato da un rapporto caseina/sieroproteina di circa 1, mentre nel latte intero di partenza (Tabella 4) tale rapporto è di 2,56±0,03. Tale variazione è dovuta all'incremento del contenuto della sieroproteina nel latte fortificato grazie all'aggiunta del microparticolato (Tabella 4).

Nella tabella 6 è riportata la composizione fisico-chimica del prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione. Come si può notare in tabella la composizione centesimale del prodotto funzionale rimane pressoché invariata rispetto alla composizione del latte fortificato di partenza nelle tre formulazioni studiate (Tabella 5). Tale risultato è stato possibile in quanto il processo di fabbricazione studiato non comporta alterazioni del volume originario del prodotto contenuto nella confezione finale, ne tanto meno perdite di materia (evaporazione, separazione di siero, etc.). Anche nel prodotto finito (PF3), così come nel latte di partenza LPF3, il contenuto di omega 3 (DHA + EPA) si conferma leggermente superiore rispetto al valore prestabilito nella formulazione di partenza.

Per quanto riguarda il pH il prodotto funzionale presenta valori piuttosto simili nelle tre formulazioni studiate, tale aspetto conferma che la coltura probiotica, utilizzata solo in PF2 e PF3, non interferisce sul processo di acidificazione del prodotto. In linea generale i valori di pH riscontrati nelle tre formulazioni sono coerenti con quanto si osserva nello yogurt e nei latti fermentati. In tabella è stato anche riportato il valore energetico del prodotto funzionale. Tale parametro è stato determinato in maniera indiretta, moltiplicando il contenuto dei macronutrienti (grasso, proteina e carboidrati) presenti in 100 g di formaggio per l'equivalente calorico degli stessi, espresso in kcal/g (grasso: 9 kcal/g, proteina: 4 kcal/g, lattosio: 4 kcal/g, inulina 1,9 kcal/g). Il valore energetico riscontrato nel prodotto funzionale (circa 84 kcal/100 g) è perfettamente in linea con il valore prestabilito per ciascuna delle formulazioni (Tabella 1). Tale risultato è reso possibile dal fatto che la metodologia utilizzata permette di definire a priori la composizione centesimale del prodotto che si intende realizzare e che il processo di fabbricazione non determina variazioni quantitative dei macronutrienti nel passaggio dal latte al prodotto finito.

In tabella 7 è riportato il profilo acidico relativo alla frazione lipidica del latte fortificato. L'aggiunta dell'olio di alga, fonte di acidi grassi polinsaturi della serie omega 3, come già discusso precedentemente, influenza il contenuto di acidi grassi EPA e DHA e conseguentemente il contenuto totale sia di acidi grassi omega 3 che polinsaturi (PUFA) ed insaturi (UFA), che risulta essere significativamente più elevato nel latte LPF3 rispetto al latte LPF1 ed LPF2. Il latte fortificato LPF3 è caratterizzato inoltre da un contenuto medio di acidi grassi saturi (SFA) significativamente inferiore rispetto a LPF1 e LPF2. Il rapporto fra gli acidi grassi polinsaturi

Omega 6 e Omega 3 (generalmente indicato come ω6/ω3), negli alimenti consumati dall'uomo, è considerato un indice del rischio di insorgenza di gravi patologie quali cancro e malattie cardiovascolari (Enser 2001), le raccomandazioni nutrizionali suggeriscono di aumentare il livello di Omega 3 nella dieta preferendo alimenti con un rapporto ω6/ω3 < 4 (Department of Health, 1994). L'integrazione con l'olio di alga ha influenzato considerevolmente il valore di tale rapporto nel latte fortificato riducendolo da 5 (LPF1 e LPF2) a 0,3 in LPF3.

Nelle tabelle 8 e 9 è riportato il profilo acidico della frazione lipidica del prodotto funzionale sia alle 24 ore dalla produzione (Tabella 8) che dopo 15 giorni di conservazione a 4 ± 1°C (Tabella 9). Come si può osservare, il contenuto di acidi grassi del prodotto funzionale, analizzato alle 24 ore dalla produzione, rimane pressoché invariato rispetto a quello del latte fortificato di partenza in tutte le formulazioni studiate. Tale risultato è reso possibile dal fatto che il processo di fabbricazione studiato non ha comportato alterazioni del volume originario del prodotto contenuto nella confezione finale, ne tanto meno perdite di materia (evaporazione, separazione di siero, etc.). La presenza di una elevata concentrazione di acidi grassi polinsaturi, nel prodotto PF3, avrebbe potuto indurre, durante la conservazione, un aumento del rischio di irrancidimento ossidativo del prodotto e una conseguente diminuzione del contenuto di acidi grassi polinsaturi nello stesso, come è possibile osservare dai dati riportati in tabella 9, il profilo acidico si mantiene, invece, inalterato anche dopo 15 giorni di conservazione, per tutte e tre le formulazioni studiate. Tale aspetto conferma che il processo di fabbricazione studiato e la conservazione del prodotto non comporta alcun processo di irrancidimento ossidativo a carico degli acidi grassi polinsaturi.

Il prodotto funzionale, in tutte e tre le formulazioni proposte (PF1, PF2 e PF3), non ha subito alcun tipo di irrancidimento idrolitico (lipolisi) durante il periodo di conservazione, infatti come è possibile osservare dai dati riportati nelle tabelle 10 e 11, il contenuto di acidi grassi liberi si mantiene inalterato fino ai 15 giorni di conservazione a 4 ± 1°C.

In tabella 12 è riportato il profilo aromatico determinato nel latte fortificato prima dell'aggiunta della coltura lattica starter e della coltura probiotica. I composti volatili-aromatici più rappresentativi del profilo del latte appartengono alle classi chimiche degli acidi, delle aldeidi e dei chetoni e rappresentano, in media, rispettivamente il 27%, il 26% e il 25% dei composti aromatici totali (Figura 5). Il processo di fermentazione/acidificazione del latte fortificato, indotto dalle colture lattiche utilizzate (YO-MIX 511, Danisco, Denmark; MD 88 Danisco, Denmark), ha comportato alle 24 ore dalla produzione (tabella 12) una evidente trasformazione del profilo volatile-aromatico, visibile in particolare nel prodotto funzionale di controllo PF1, e che si manifesta con l'aumento sia dei chetoni che degli acidi che rappresentano rispettivamente il 49% ed il 33% dei composti volatili totali (Figura 6). Fra i composti chetonici identificati, il 3-idrossi 2-butanone (acetoino) risulta essere il più abbondante e deriva dal metabolismo del citrato indotto prevalentemente dai ceppi batterici del MD 88. L'aggiunta della coltura probiotica nei prodotti PF2 e PF3 ha causato invece un aumento della classe chimica degli acidi che, alle 24 ore dalla produzione, in entrambi i prodotti rappresentano il 62% dei composti volatili-aromatici totali (Figura 6) e che risultano essere significativamente più abbondanti ($P<0,05$) in PF2 e PF3 rispetto a PF1 (Tabella 13). In particolare l'acido organico responsabile di questo andamento è l'acido acetico prodotto dai bifidobatteri del BB-12® attraverso la via

della Fruttosio-6-P Fosfochetolasi. La conservazione del prodotto per 15 giorni a 4±1°C, in tutte le formulazioni studiate, non ha comportato, in generale, evidenti cambiamenti nel profilo volatile-aromatico come è possibile osservare nei risultati riportati in tabella 14 e Figura 7.

Dal punto di vista nutrizionale il prodotto realizzato nelle tre formulazioni studiate potrebbe beneficiare di alcuni "*nutrition claim*"[2]. In particolare le integrazioni del latte fortificato con microparticolato ed inulina consentirebbero le seguenti indicazioni:

1. Prodotto "FONTE DI PROTEINE" (*l'indicazione che un alimento è fonte di proteine e ogni altra indicazione che può avere lo stesso significato per il consumatore sono consentite solo se almeno il 12% del valore energetico dell'alimento è apportato da proteine).* Nel prodotto realizzato oltre il 23% del valore energetico è fornito dalle proteine. Inoltre nel prodotto realizzato il valore biologico della frazione proteica è certamente più elevato rispetto a quello del latte intero di partenza. Infatti, l'integrazione con il microparticolato permette di incrementare il contenuto di sieroproteina da 0,92±0,01% (valore naturale del latte intero di partenza) a circa 2,46±0,10%(valore medio del prodotto funzionale, media di PF1, PF2, PF3) e la conseguente riduzione del contenuto di caseina. In tale condizione le due frazioni proteiche (caseina e sieroproteina) rappresentano ognuna il 50% della proteina totale contenuta nel prodotto finito.
2. Prodotto ad "ALTO CONTENUTO DI FIBRE" (*L'indicazione che un alimento è ad alto contenuto di fibre e ogni altra indicazione che può avere lo stesso significato per il consumatore sono consentite solo se il prodotto contiene almeno 6 g di fibre per 100 g o almeno 3 g di fibre per 100 kcal).* Il prodotto realizzato contiene circa 7 g di fibra solubile (inulina) per 100 g di prodotto e per circa 84,0 kcal.

L'integrazione con olio di alga (Life's omega 45) nel prodotto finito PF3, consentirebbe l'utilizzo dell'indicazione nutrizionale:

3. Prodotto "RICCO DI ACIDI GRASSI OMEGA-3" (*L'indicazione che un alimento è ricco di acidi grassi omega-3 e ogni altra indicazione che può avere lo stesso significato per il consumatore sono consentite solo se il prodotto contiene almeno 0,6 g di acido alfa-linolenico per 100 g e per 100 kcal oppure almeno 80 mg della somma di acido eicosapentanoico - EPA e acido docosaesaenoico - DHA per 100 g e per 100 kcal)*. Il prodotto PF3 contiene complessivamente 460 mg di EPA + DHA per 100 g di prodotto e per circa 84 kcal. Con un tale livello di integrazione 100 grammi del prodotto PF3 coprirebbero interamente l'apporto minimo giornaliero raccomandato dall'EFSA[3] (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare), indicato in 250 mg/die di EPA + DHA, come parte di una dieta sana rivolta al mantenimento di una normale funzionalità cardiaca. Inoltre 100 grammi di prodotto PF3 forniscono 300mg di DHA che coprirebbero l'intero fabbisogno giornaliero per il mantenimento di una normale funzionalità visiva (250 mg/die indicazione EFSA), nonché per il normale sviluppo degli occhi e del cervello nel feto e nei lattanti (200 mg/die indicazione EFSA).

[2] Regolamento (CE) n. 1924/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 dicembre 2006, Regolamento (UE) n. 116/2010 della Commissione del 9 febbraio 2010.
[3] http://ec.europa.eu/nuhclaims/?event=getLatestVersionOfRegister

Nella figura 4 è riportato il grafico relativo all'evoluzione della coltura probiotica nel prodotto funzionale (presente solo nei prodotti PF2 e PF3). Come è possibile notare in seguito all'operazione di inoculo della coltura nel latte fortificato, la stessa ha raggiunto la concentrazione prefissata dell'ordine di 7 $\log_{10}$ UFC/g, in entrambe le formulazioni a confronto (PF2 e PF3 rispettivamente 7,42 e 7,63 $\log_{10}$ UFC/g). Le condizioni nelle quali è stato condotto il processo di fermentazione lattica (temperatura di incubazione: 42-44 °C; pH del prodotto a fine incubazione: 4,70-4,80 UpH; tempo di incubazione sino al pH prestabilito: 220,1±15,5 min) hanno permesso di ottenere nel prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione, un incremento di circa 1 $\log_{10}$ UFC/g della coltura probiotica (8,35±0,28 $\log_{10}$ UFC/g, PF2; 8,53±0,59 $\log_{10}$ UFC/g, PF3). E' interessante osservare che, le condizioni di conservazione adottate, permettono di mantenere pressoché invariata la concentrazione della coltura probiotica nel prodotto dalle 24 h sino ai 30 giorni a 4 °C. Un tale livello di concentrazione della coltura probiotica soddisfa ampiamente i requisiti di concentrazione minima che devono essere mantenuti nel prodotto al momento del consumo, quindi durante tutto il periodo di shelf-life, per ottenere un effetto significativo sul consumatore. Non esiste ancora una vera e propria normativa in materia, tuttavia, in letteratura, si fa riferimento a valori minimi raccomandati di cellule vitali di almeno 6 – 7 $\log_{10}$ UFC/g di prodotto. In particolare, le linee guida su probiotici e prebiotici del Ministero della Salute (Revisione maggio 2013), raccomandano un'ingestione quotidiana di 9 $\log_{10}$ cellule vive: quantità presente in una porzione da 100 g di un prodotto con una concentrazione in cellule vitali pari a 7 $\log_{10}$UFC/g.

Per quanto riguarda le colture probiotiche nei prodotti alimentari, nel 2006 la normativa europea stabilì che, in assenza di evidenze scientifiche rispondenti ai criteri dell'UE, il termine "probiotico" dovesse sparire dalle etichette (Reg. CE 1924/2006), perché il consumatore, associando la parola a uno specifico effetto benefico, non potesse essere tratto in inganno. In seguito, nel 2012, l'EFSA bocciò la quasi totalità dei *claim* sui probiotici, per l'uso dei quali le aziende produttrici avevano chiesto l'autorizzazione (Reg. (UE) 432/2012), perché non comprovati da adeguati studi scientifici, che dovevano essere specifici per ogni prodotto/ceppo probiotico, essendo gli effetti dei probiotici, ceppo-specifici (ovvero diversi per ogni ceppo batterico). La coltura utilizzata in questo studio (BB-12®, *Bifidobaterium animalis subs. lactis*) è la coltura più conosciuta e studiata al mondo. Il ceppo batterico che costituisce questa coltura è descritto in molteplici lavori scientifici, molti dei quali condotti sull'uomo. In particolare il BB-12® ha dimostrato i suoi effetti positivi sulla salute gastrointestinale e sulla funzione immunitaria; inoltre, favorisce lo sviluppo di un sano microbiota intestinale, prevenendo la diarrea e riducendo gli effetti collaterali della terapia antibiotica. Questi aspetti sono stati anche in parte confermati da una sperimentazione (dati non pubblicati), condotta da Agris Sardegna in collaborazione con l'Università di Pavia (Dipartimento di scienze pediatriche – Centro interuniversitario di ricerca su immunità e nutrizione), sulle proprietà immunomodulanti e funzionali di un formaggio fresco di capra contenete la coltura BB-12® (7 $\log_{10}$ UFC/g) e l'inulina. Lo studio ha dimostrato che, nel gruppo di persone al quale veniva somministrato per 30 giorni il prodotto contenete la coltura BB-12®, sono stati evidenziati cambiamenti nella flora intestinale. In particolare, è stata riscontrata una profonda riduzione (da 7,31 $\log_{10}$ UFC/g a 3,21 $\log_{10}$ UFC/g) dei livelli della popolazione di Enterobatteri nell'intestino. Tali batteri, seppur componente essenziale del microbiota intestinale, se non bilanciati con la microflora cosiddetta "buona", potrebbero diventare potenzialmente patogeni.

Conclusioni

Il prodotto realizzato possiede specifiche proprietà funzionali derivate dal maggior contenuto in sieroproteine (circa 160% in più rispetto al latte intero di capra) dall'elevato contenuto in omega 3 (460 mg/100g di prodotto DHA + EPA), e dalla presenza di una fibra solubile a valenza prebiotica associata ad una coltura probiotica di comprovata azione modulante della microflora endogena. Le caratteristiche fisico-chimiche, nutrizionali e il profilo volatile-aromatico del prodotto in tutte le formulazioni studiate si mantengono inalterate durante la conservazione a 4±1 °C. Il livello di concentrazione della coltura probiotica, utilizzata in PF2 e PF3, riscontrato alle 24 ore dalla produzione, è superiore di 1 $\log_{10}$ UFC/g rispetto al valore minimo necessario per garantire l'ingestione raccomandata (9 $\log_{10}$ di cellule vive con 100g di prodotto) dalle linee guida su probiotici e prebiotici del Ministero della Salute. Tale livello si mantiene pressoché invariato fino a 30 giorni di conservazione a 4±1 °C

Figure e tabelle

$$c_5 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$$

$$c_6 = \frac{b_2 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + d_2 \cdot x_3 + f_2 \cdot x_5}{c_5}$$

$$c_7 = \frac{b_3 \cdot x_1 + d_3 \cdot x_3 + f_3 \cdot x_5}{c_5}$$

$$c_8 = \frac{e_4 \cdot x_4}{c_5}$$

$$c_9 = \frac{c_3 \cdot x_2}{c_5}$$

Ingredienti	Quantità (g)	Grasso (%)	Proteine (%)	Inulina (%)	DHA+EPA (%)
Latte fortificato	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9
Latte di capra intero	x_1	b_2	b_3		
Latte scremato/crema	x_5	f_2	f_3		
Microparticolato	x_3	d_2	d_3		
Life's omega 45 (olio di alga)	x_2	c_2			c_3
Fibruline XL	x_4			e_4	

Figura 1 – Sistema di equazioni utilizzato per il calcolo della quantità degli ingredienti

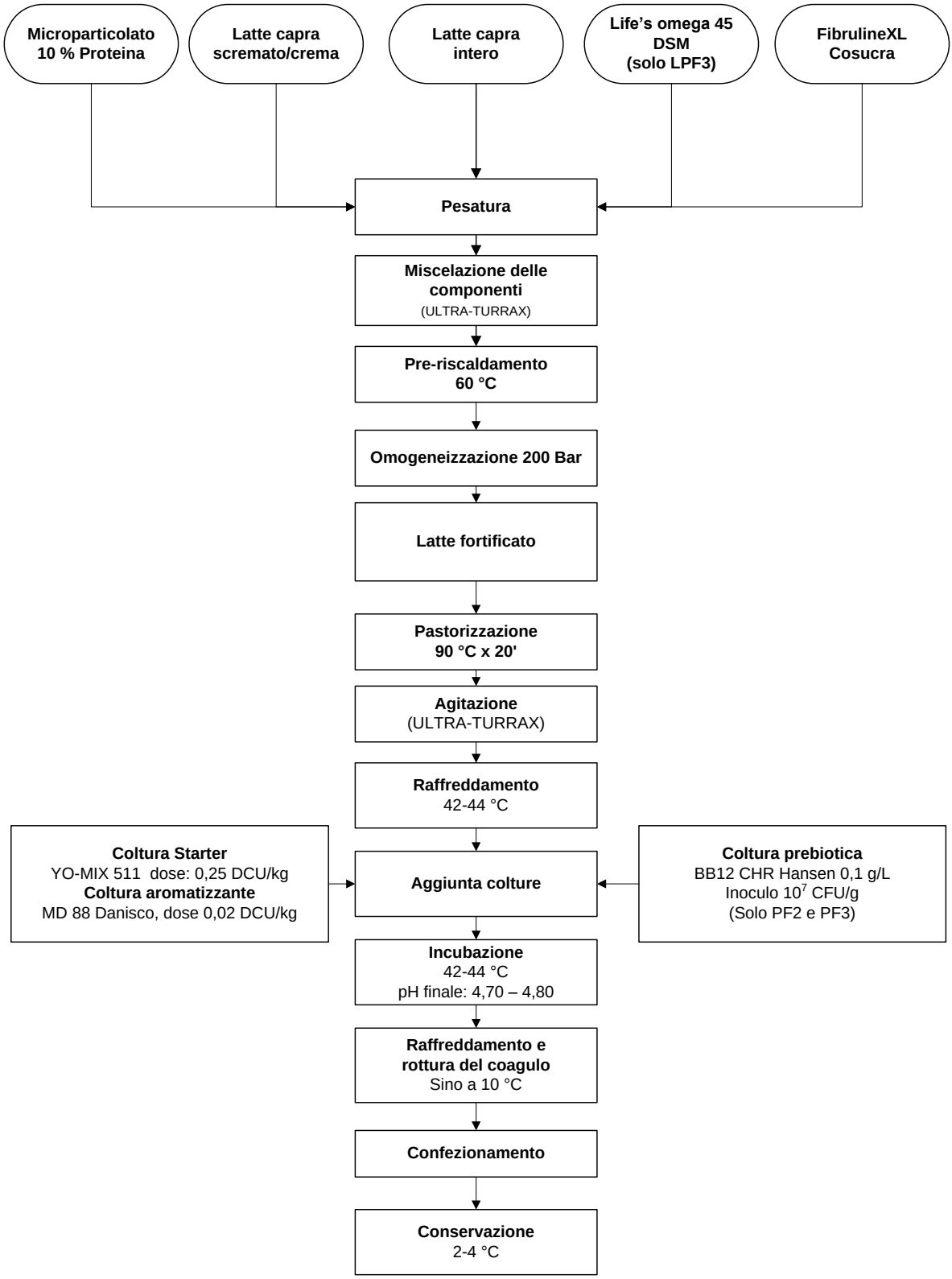
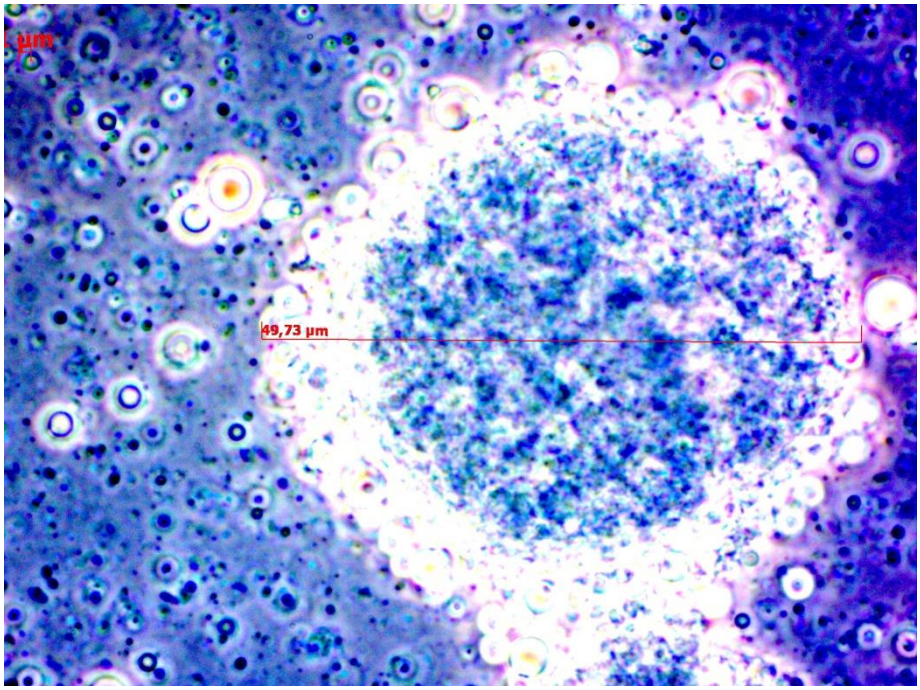
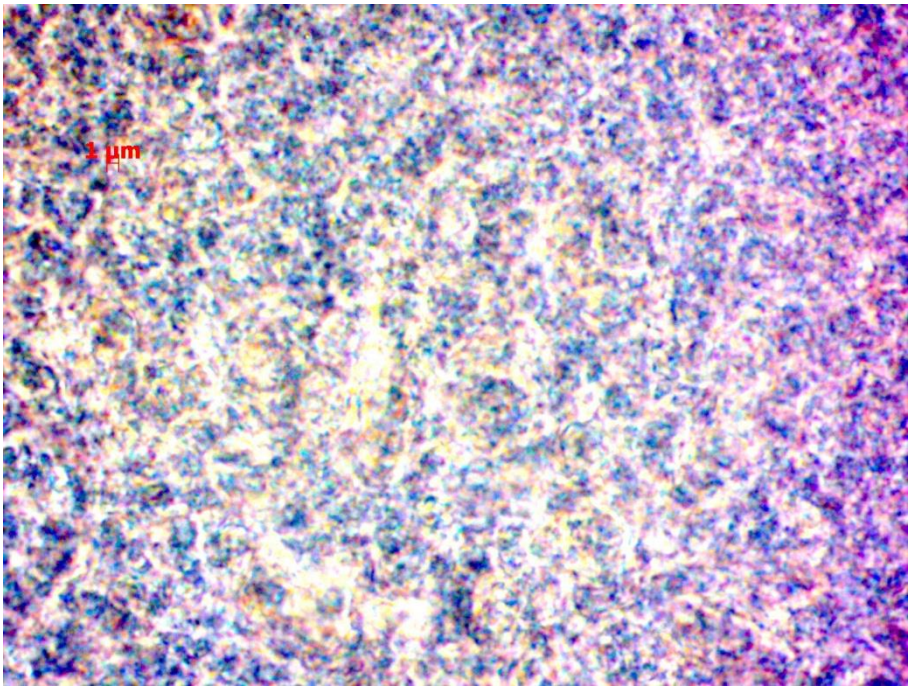


Figura 2 – Schema generale del processo di produzione



A



B

Figura 3 – Macroaggregato di sieroproteine nella sospensione WPC/acqua dopo la denaturazione termica (A) microparticolato dopo l'omogeneizzazione (B)

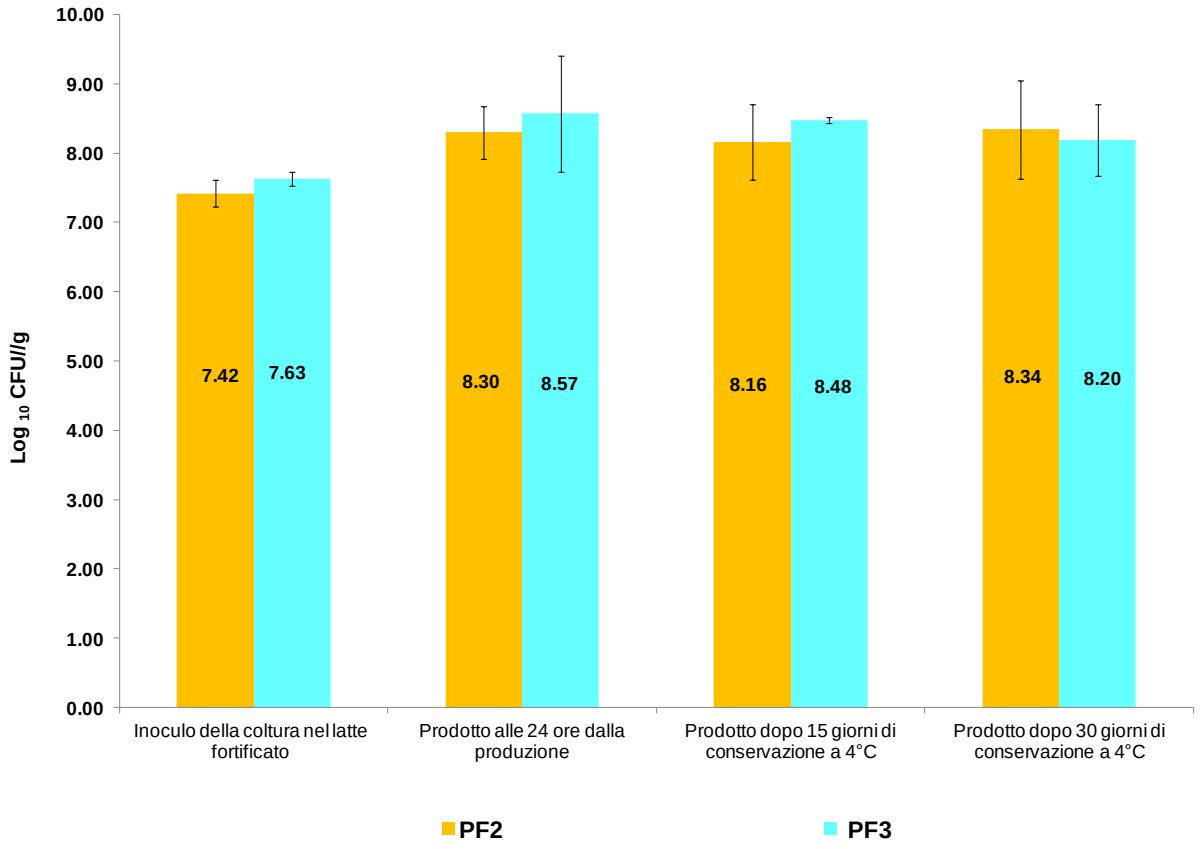


Figura 4 - Evoluzione della coltura probiotica (BB-12®) nel prodotto funzionale.

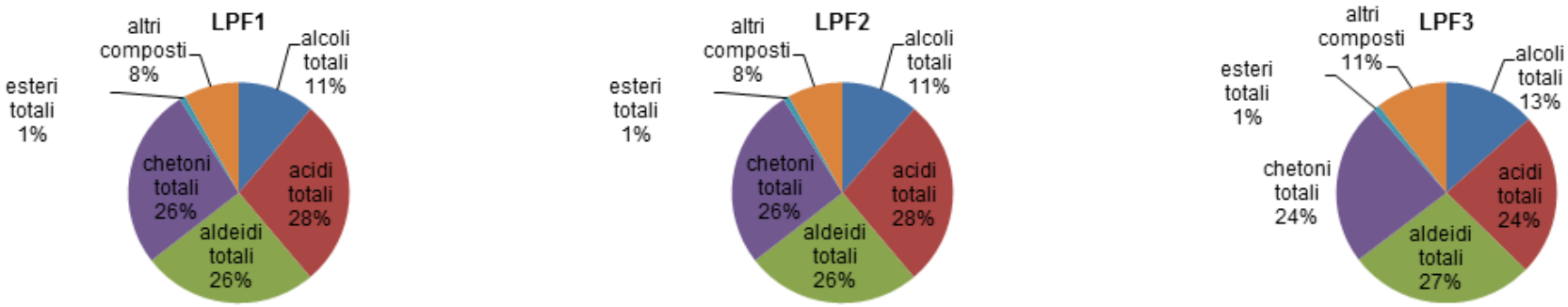


Figura 5 - Profilo dei composti aromatici nel latte fortificato (% classi chimiche).

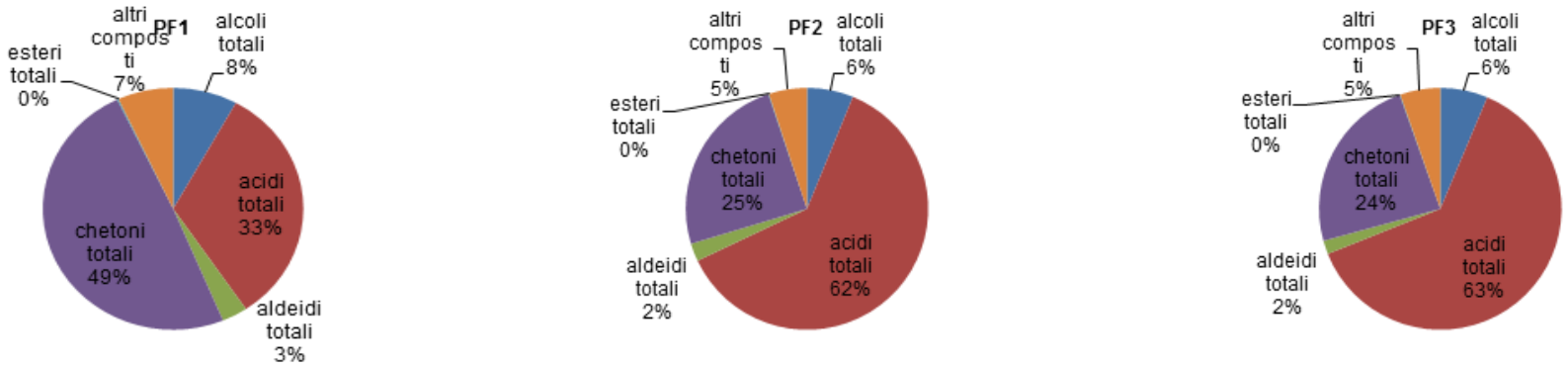


Figura 6 - Profilo dei composti aromatici nel prodotto funzionale a 24 ore dalla produzione (% classi chimiche).

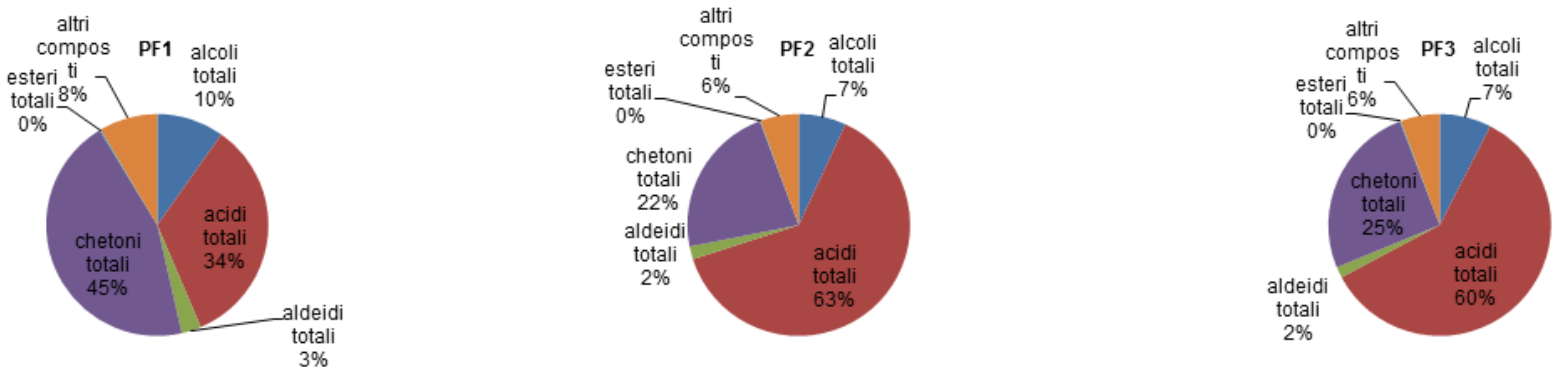


Figura 7 - Profilo dei composti aromatici nel prodotto funzionale a 15 giorni di conservazione (% classi chimiche).

Tabella 1 - Composizione fisico-chimica prestabilita del latte fortificato

		LPF1	LPF2	LPF3
Grasso %		4,0	4,0	4,0
Proteina (%)		5,0	5,0	5,0
Omega 3	DHA (%)[1]	-	-	0,24
	EPA (%)[1]	-	-	0,12
Inulina (%)		7,0	7,0	7,0
Valore energetico (kcal/100g)		84	84	84

[1] Relativamente alle quantità teoriche apportata in LPF3 con 1 g di olio di alga (Life's omega 45)/100 g di latte

Tabella 2 – Prospetto dei campioni analizzati e delle determinazioni analitiche

Campione	Determinazioni analitiche
Latte crudo intero, latte scremato e crema di latte	**pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Milkoscan** (Foss)
Microparticolato al 10%	**pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Milkoscan** (Foss)
Latte fortificato (LPF1, LPF2, LPF3)	**Milkoscan** (Foss) **pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Sostanza secca** (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldahl FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldahl FIL-IDF, 1993:20B, parte IV) **Profilo acidico** (estrazione grasso: Jiang et al., 1996, J. Dairy Sci., 79: 438-445, transmetilazione basica: FIL IDF International IDF standard 182 1999). **Profilo dei composti volatili** – aromatici (SPME-GC/MS)
Latte fortificato inoculato con la coltura probiotica (solo LPF2, LPF3)	**Conta della coltura probiotica**: Bifidus Selective Medium Agar (BSM-Agar)
Prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione (PF1, PF2, PF3)	**pH** (metodo potenziometrico con pH-metro Crison Basic 20+) **Sostanza secc**a (FIL- IDF 21B, 1987) **Grasso** (metodo Gerber) **Azoto totale** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte II) **Azoto solubile** (FIL-IDF, 1964:29) **Azoto non proteico** (metodo Kjeldal FIL-IDF, 1993:20B, parte IV) **Profilo acidico** (estrazione grasso: Jiang et al., 1996, J. Dairy Sci., 79: 438-445, transmetilazione basica: FIL IDF International IDF standard 182 1999). **Lipolisi** (De Jong and Badings 1990 J. High Res. Chrom., 13, 94-98) **Profilo dei composti volatili** - aromatici (SPME-GC/MS)
Prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione (solo PF2, PF3)	**Conta della coltura probiotica**: Bifidus Selective Medium Agar (BSM-Agar)
Prodotto funzionale dopo 15 gg di conservazione a 4°C (PF1, PF2, PF3)	**Profilo acidico** (estrazione grasso: Jiang et al., 1996, J. Dairy Sci., 79: 438-445, transmetilazione basica: FIL IDF International IDF standard 182 1999). **Lipolisi** (De Jong and Badings 1990 J. High Res. Chrom., 13, 94-98) **Profilo dei composti volatili** - aromatici (SPME-GC/MS)
Prodotto funzionale dopo 15 e 30 gg di conservazione a 4°C (solo PF2, PF3)	**Conta della coltura probiotica**: Bifidus Selective Medium Agar (BSM-Agar)

Tabella 3 – Quantità degli ingredienti utilizzati per la preparazione del latte fortificato (media±d.s.)

	LPF1	LPF2	LPF3
Latte intero (g)	3060,9 ± 43,6	3060,9 ± 43,6	2587,1 ± 111,1
Latte scremato (g)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	467,1 ± 111,0
Crema di latte (g)	56,7 ± 8,6	56,7 ± 8,6	0,0 ± 0,0
Microparticolato (g)	1514,0 ± 42,0	1514,0 ± 42,0	1527,4 ± 42,5
Life's omega 45 (Olio di alga) (g)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	50,0 ± 0,0
Fibruline XL (Inulina) (g)	368,4 ± 0,0	368,4 ± 0,0	368,4 ± 0,0

Tabella 4 – Composizione fisico-chimica degli ingredienti del latte fortificato (media±d.s.)

	Latte intero	Latte scremato	Crema	Microparticolato	Life's omega 45 (Olio di alga) [1]	Fibruline XL [1]
pH (UpH)	6,68 ± 0,01	6,58 ± 0,11	6,56 ± 0,00	6,60 ± 0,00	n.d.	7,00
Grasso (%)	3,79 ± 0,16	0,16 ± 0,03	58,38 ± 1,23	3,37 ± 0,05	99,98	0,0
Proteina (%)	3,26 ± 0,04	3,27 ± 0,06	2,05 ± 0,21	9,85 ± 0,11	0,0	0,0
Caseina (%)	2,34 ± 0,04	2,43 ± 0,05	n.d. ± n.d.	3,54 ± 0,04	0,0	0,0
Sieroproteina (%)	0,92 ± 0,01	0,84 ± 0,01	n.d. ± n.d.	6,30 ± 0,07	0,0	0,0
Caseina/sieroproteina (-)	2,56 0,03	2,90 0,05	n.d. ± n.d.	0,56 0,00	0,0	0,0
Lattosio (%)	4,07 ± 0,03	4,22 ± 0,02	1,71 ± 0,18	3,83 ± 0,10	0,0	0,0
Inulina (%)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0	95,00
DHA (%)	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	24,00	0,0
EPA (%)	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	n.d. ± n.d.	12,00	0,0

[1] Valori relativi alla composizione fornita dall'azienda produttrice.

Tabella 5 – Composizione fisico-chimica del latte fortificato (media±d.s.)

	LPF1	LPF2	LPF3
pH (UpH)	6,64 ± 0,10	6,64 ± 0,10	6,70 ± 0,04
Sostanza secca (%)	20,71 ± 0,10	20,71 ± 0,10	20,64 ± 0,49
Grasso (%)	4,17 ± 0,15	4,17 ± 0,15	4,01 ± 0,25
Proteina (%)	5,03 ± 0,06	5,03 ± 0,06	4,96 ± 0,19
Caseina (%)	2,51 ± 0,03	2,51 ± 0,03	2,52 ± 0,07
Sieroproteina (%)	2,49 ± 0,02	2,49 ± 0,02	2,48 ± 0,11
Caseina/sieroproteina (-)	1,01 ± 0,02	1,01 ± 0,02	1,02 ± 0,02
Lattosio (%)	3,57 ± 0,08	3,57 ± 0,08	3,59 ± 0,20
Inulina (%)	6,95 ± 0,09	6,95 ± 0,09	7,00 ± 0,00
DHA (%)	0,001 ± 0,00	0,001 ± 0,00	0,29 ± 0,01
EPA (%)	0,002 ± 0,00	0,002 ± 0,00	0,15 ± 0,01

Tabella 6 – Composizione fisico-chimica del prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione (media±d.s.)

	PF1	PF2	PF3
pH (UpH)	4,49 ± 0,03	4,49 ± 0,05	4,51 ± 0,03
Sostanza secca (%)	20,07 ± 0,11	19,90 ± 0,33	20,10 ± 0,49
Grasso (%)	4,05 ± 0,09	4,03 ± 0,03	4,10 ± 0,10
Proteina (%)	4,92 ± 0,13	4,95 ± 0,18	5,00 ± 0,15
Caseina (%)	2,45 ± 0,04	2,47 ± 0,11	2,54 ± 0,10
Sieroproteina (%)	2,43 ± 0,09	2,45 ± 0,13	2,50 ± 0,10
Caseina/sieroproteina (-)	1,01 ± 0,02	1,01 ± 0,02	1,02 ± 0,02
Inulina (%)	6,95 ± 0,09	6,95 ± 0,09	7,00 ± 0,00
DHA (%)	0,002 ± 0,00	0,002 ± 0,00	0,30 ± 0,02
EPA (%)	0,002 ± 0,00	0,002 ± 0,00	0,16 ± 0,01
Valore energetico (kcal/100g)	83,60 ± 0,41	83,68 ± 0,37	84,57 ± 0,79

Tabella 7 – Profilo acidico del latte fortificato (valori espressi in g/100g di prodotto; media±d.s.)

	LPF1	LPF2	LPF3
C18:2 9c,12c	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,106 ± 0,001
C18:3 9c,12c,15c	0,012 ± 0,001[a]	0,012 ± 0,001[a]	0,010 ± 0,001[b]
CLA 9c,11t	0,023 ± 0,001[a]	0,023 ± 0,001[a]	0,017 ± 0,001[b]
C20:5 5c,8c,11c,14c,17c (EPA)	0,002 ± 0,000[b]	0,002 ± 0,001[b]	0,15 ± 0,01[a]
C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c (DHA)	0,001 ± 0,000[b]	0,001 ± 0,001[b]	0,29 ± 0,01[a]
SFA	3,08 ± 0,09[a]	3,08 ± 0,09[a]	2,4 ± 0,2[b]
MUFA	0,74 ± 0,02	0,74 ± 0,02	0,77 ± 0,04
PUFA	0,18 ± 0,01[b]	0,18 ± 0,01[b]	0,64 ± 0,03[a]
UFA	0,92 ± 0,03[b]	0,92 ± 0,03[b]	1,41 ± 0,07[a]
Omega 3	0,024 ± 0,001[b]	0,024 ± 0,001[b]	0,49 ± 0,02[a]
Omega 6	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01

[a,b] lettere diverse contraddistinguono valori significativamente differenti (P<0,05)

Tabella 8 – Profilo acidico del prodotto funzionale alle 24 ore dalla produzione (valori espressi in g/100g di prodotto; media±d.s.)

	PF1	PF2	PF3
C18:2 9c,12c	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,01
C18:3 9c,12c,15c	0,012 ± 0,001[a]	0,012 ± 0,000[a]	0,010 ± 0,000[b]
CLA 9c,11t	0,023 ± 0,001[a]	0,022 ± 0,000[a]	0,017 ± 0,000[b]
C20:5 5c,8c,11c,14c,17c (EPA)	0,002 ± 0,000[b]	0,002 ± 0,000[b]	0,16 ± 0,01[a]
C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c (DHA)	0,002 ± 0,000[b]	0,002 ± 0,000[b]	0,30 ± 0,02[a]
SFA	3,05 ± 0,08[a]	3,01 ± 0,02[a]	2,54 ± 0,04[b]
MUFA	0,71 ± 0,01[b]	0,70 ± 0,01[b]	0,79 ± 0,02[a]
PUFA	0,18 ± 0,01[b]	0,17 ± 0,01[b]	0,66 ± 0,04[a]
UFA	0,89 ± 0,02[b]	0,88 ± 0,01[b]	1,45 ± 0,05[a]
Omega 3	0,023 ± 0,002[b]	0,022 ± 0,001[b]	0,50 ± 0,03[a]
Omega 6	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01

[a,b] lettere diverse contraddistinguono valori significativamente differenti (P<0,05)

Tabella 9 – Profilo acidico del prodotto funzionale a 15 giorni di conservazione (valori espressi in g/100g di prodotto; media±d.s.)

	PF1	PF2	PF3
C18:2 9c,12c	0,101 ± 0,004	0,104 ± 0,002	0,104 ± 0,004
C18:3 9c,12c,15c	0,012 ± 0,001	0,012 ± 0,001	0,010 ± 0,000
CLA 9c,11t	0,022 ± 0,001[a]	0,022 ± 0,000[a]	0,017 ± 0,000[b]
C20:5 5c,8c,11c,14c,17c (EPA)	0,002 ± 0,000[b]	0,002 ± 0,000[b]	0,15 ± 0,01[a]
C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c (DHA)	0,001 ± 0,000[b]	0,001 ± 0,000[b]	0,30 ± 0,01[a]
SFA	2,96 ± 0,02[a]	3,00 ± 0,05[a]	2,50 ± 0,01[b]
MUFA	0,703 ± 0,004[b]	0,72 ± 0,02[b]	0,784 ± 0,000[a]
PUFA	0,17 ± 0,01[b]	0,174 ± 0,001[b]	0,65 ± 0,02[a]
UFA	0,87 ± 0,01[b]	0,89 ± 0,02[b]	1,44 ± 0,02[a]
Omega 3	0,022 ± 0,000[b]	0,023 ± 0,001[b]	0,49 ± 0,02[a]
Omega 6	0,113 ± 0,003[b]	0,115 ± 0,000[b]	0,129 ± 0,004[a]

[a,b] lettere diverse contraddistinguono valori significativamente differenti (P<0,05)

Tabella 10 – Lipolisi del prodotto funzionale a 24 ore dalla produzione (mmol/kg prodotto, media±d.s.)

	PF1	PF2	PF3
C4:0	0,078 ± 0,004	0,088 ± 0,001	0,081 ± 0,002
C6:0	0,045 ± 0,003	0,048 ± 0,002	0,045 ± 0,001
C8:0	0,043 ± 0,004	0,045 ± 0,004	0,043 ± 0,002
C10:0	0,094 ± 0,000	0,099 ± 0,004	0,091 ± 0,000
corta catena	0,26 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,261 ± 0,004
C12:0	0,069 ± 0,001	0,063 ± 0,003	0,054 ± 0,000
C14:0	0,086 ± 0,002	0,073 ± 0,004	0,067 ± 0,003
C15:0	0,011 ± 0,001	0,011 ± 0,001	0,009 ± 0,000
C16:0	0,21 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,178 ± 0,000
C16:1 9c	0,007 ± 0,001	0,006 ± 0,001	0,006 ± 0,000
media catena	0,38 ± 0,02	0,34 ± 0,02	0,315 ± 0,003
C17:0	0,008 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,006 ± 0,001
C18:0	0,023 ± 0,002	0,034 ± 0,001	0,022 ± 0,000
C18:1 9c	0,021 ± 0,000	0,028 ± 0,001	0,025 ± 0,000
lunga catena	0,05 ± 0,00	0,072 ± 0,001	0,054 ± 0,001
AGLT (Acidi Grassi Liberi Totali)	0,69 ± 0,04	0,69 ± 0,03	0,63 ± 0,01

Tabella 11 – Lipolisi del prodotto funzionale a 15 giorni di conservazione (mmol/kg prodotto, media±d.s.)

	PF1	PF2	PF3
C4:0	0,078 ± 0,001	0,092 ± 0,002	0,086 ± 0,000
C6:0	0,040 ± 0,001	0,048 ± 0,003	0,046 ± 0,002
C8:0	0,039 ± 0,000	0,044 ± 0,001	0,041 ± 0,002
C10:0	0,088 ± 0,000	0,101 ± 0,003	0,087 ± 0,001
corta catena	0,245 ± 0,002	0,29 ± 0,01	0,260 ± 0,005
C12:0	0,065 ± 0,000	0,064 ± 0,002	0,057 ± 0,001
C14:0	0,080 ± 0,005	0,08 ± 0,01	0,071 ± 0,004
C15:0	0,012 ± 0,000	0,011 ± 0,001	0,008 ± 0,000
C16:0	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01
C16:1 9c	0,006 ± 0,001	0,007 ± 0,000	0,007 ± 0,001
media catena	0,35 ± 0,02	0,34 ± 0,02	0,32 ± 0,02
C17:0	0,005 ± 0,000	0,005 ± 0,000	0,004 ± 0,000
C18:0	0,022 ± 0,000	0,016 ± 0,001	0,026 ± 0,003
C18:1 9c	0,036 ± 0,005	0,026 ± 0,002	0,035 ± 0,002
lunga catena	0,063 ± 0,005	0,047 ± 0,004	0,065 ± 0,005
AGLT (Acidi Grassi Liberi Totali)	0,66 ± 0,03	0,68 ± 0,03	0,64 ± 0,02

Tabella 12 – Profilo aromatico del latte fortificato (media±d.s.)[1]

	LPF1	LPF2	LPF3
alcoli totali	6708 ± 555	6708 ± 555	6658 ± 1004
acidi totali	16404 ± 3782	16404 ± 3782	11874 ± 4390
aldeidi totali	15271 ± 1669	15271 ± 1669	13609 ± 1333
chetoni totali	15796 ± 2521	15796 ± 2521	11859 ± 895
esteri totali	535 ± 544	535 ± 544	481 ± 354
altri composti	4801 ± 1232	4801 ± 1232	5237 ± 1556
composti aromatico-volatili totali	59515 ± 9006	59515 ± 9006	49718 ± 7247

[1]I valori sono espressi come somma delle aree dei picchi identificati nel cromatogramma

Tabella 13 – Profilo aromatico del prodotto funzionale a 24 ore dalla produzione (media±d.s.)[1]

	PF1	PF2	PF3
alcoli totali	13864 ± 723	15781 ± 1480	16016 ± 2243
acidi totali	56331 ± 12807[b]	157647 ± 25424[a]	158010 ± 41188[a]
aldeidi totali	5527 ± 276	6102 ± 2118	4610 ± 563
chetoni totali	85156 ± 11471[a]	62596 ± 1847[b]	60157 ± 2679[b]
esteri totali	313 ± 285	206 ± 208	204 ± 139
altri composti	11919 ± 208	12973 ± 244	13529 ± 508
composti aromatico-volatili totali(p=0.04)	173110 ± 23577	255306 ± 27947	252458 ± 45279

[1]I valori sono espressi come somma delle aree dei picchi identificati nel cromatogramma. [a,b]lettere diverse contraddistinguono valori significativamente differenti (P<0,05)

Tabella 14 – Profilo aromatico del prodotto funzionale a 15 giorni di conservazione (media±d.s.)[1]

	PF1	PF2	PF3
alcoli totali	18125 ± 955	19393 ± 1254	18987 ± 1309
acidi totali	62503 ± 9689[b]	177456 ± 18737[a]	150896 ± 5169[a]
aldeidi totali	5338 ± 319	5308 ± 749	4018 ± 552
chetoni totali	82918 ± 9001	63034 ± 591	64186 ± 3832
esteri totali	401 ± 337	319 ± 248	427 ± 0
altri composti	15704 ± 2111	15698 ± 3330	14358 ± 475
composti aromatico-volatili totali	184987 ± 15641[b]	281207 ± 22229[a]	252658 ± 10535[ab]

[1]I valori sono espressi come somma delle aree dei picchi identificati nel cromatogramma. [a,b]lettere diverse contraddistinguono valori significativamente differenti (P<0,05)

Conclusioni finali

I risultati della sperimentazione condotta nell'ambito del progetto Pro.Te.N hanno consentito la messa a punto di processi tecnologici di fabbricazione di prodotti caseari, realizzati a partire da latte di capra, caratterizzati da elevate proprietà nutrizionali e funzionali. I processi studiati si basano sull'integrazione diretta del latte destinato alla fabbricazione dei prodotti, con sostanze di comprovato valore funzionale e che nella fase di trasformazione vengono trasferite integralmente nel prodotto finito. In particolare si è operato attraverso 1) l'incremento del valore biologico della frazione proteica, utilizzando un concentrato in polvere di siero presamico (WPC) e un microparticolato di sieroproteine, 2) l'incremento del valore nutrizionale della frazione lipidica mediante l'utilizzo di un olio di alga, fonte di acidi grassi polinsaturi della serie omega 3, e 3) l'incremento del valore funzionale del latte con l'aggiunta di una fibra solubile a valenza prebiotica, l'inulina, e di una coltura probiotica *(Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12®).

Sono stati studiati un formaggio fresco (Relazione 1), un formaggio molle (Relazioni 2 e 3) e un prodotto funzionale a coagulazione acida (Relazione 4).

Per quanto riguarda il formaggio fresco, la tecnologia sperimentata ha permesso di incrementare nel prodotto il contenuto in proteine ad elevato valore biologico (sieroproteine), inoltre il contestuale utilizzo dell'inulina, conferisce al prodotto una valenza prebiotica, consentendo l'utilizzo in etichetta del "*nutritional claims*" "prodotto ricco in fibra", e nel contempo ne migliora la consistenza e la cremosità. La tecnologia utilizzata da luogo ad un prodotto caratterizzato da completa assenza di spurgo e consente pertanto il totale recupero della materia utile disponibile nel latte di partenza, con una resa pari al 100%.

Relativamente al formaggio a pasta molle sono stati sperimentati due processi tecnologici che prevedevano differenti metodi di incremento del contenuto di sieroproteine nel latte in lavorazione. Il primo metodo prevedeva l'aggiunta diretta, al latte, di un concentrato in polvere di siero di capra (WPC, Relazione 2), nel secondo l'integrazione è stata eseguita aggiungendo le sieroproteine microparticolate (Relazione 3). I metodi utilizzati producono effetti simili sulle caratteristiche tecnologiche del latte in lavorazione (coagulabilità, sineresi, acidificazione del coagulo etc), sull'incremento della resa e del recupero di materia utile caseificabile, sul valore nutrizionale del prodotto realizzato e sulle caratteristiche di struttura. E' bene precisare che la normativa italiana a tutt'oggi non ha recepito la direttiva europea che regolamenta l'uso delle polveri derivate dal siero e dal latte per le produzioni casearie, seppure sono prevedibili, nel breve periodo, chiarimenti sull'argomento che potrebbero portare all'autorizzazione, anche in Italia, dell'utilizzo di queste sostanze. L'impiego del microparticolato, oltre ad ovviare a questo inconveniente, in quanto può essere autoprodotto in caseificio a partire da retentato di ultrafiltrazione di siero, permette superiori livelli di integrazione del contenuto di sieroproteine nel latte in lavorazione rispetto a quanto possibile con il WPC.

Le esperienze acquisite nel corso della sperimentazione sulla preparazione e l'uso del microparticolato di sieroproteine hanno permesso lo sviluppo di un processo tecnologico innovativo per la realizzazione di un prodotto funzionale a coagulazione acida a partire da latte di capra fortificato (Relazione 4). Il prodotto è stato

realizzato attraverso l'integrazione del latte intero di capra con sostanze funzionali. Il prodotto è caratterizzato da un maggior contenuto in sieroproteine rispetto al latte intero di partenza, da un elevato contenuto in omega 3 e dalla presenza di una fibra solubile a valenza prebiotica, associata ad una coltura probiotica di comprovata azione modulante della microflora endogena. Il processo tecnologico di fabbricazione e una campionatura del prodotto sono stati presentati, presso l'Azienda Argei Fattorie Renolia di Gergei aderente al Cluster del progetto, durante un incontro divulgativo svoltosi presso la sede di Ortacesus dell'azienda. L'azienda, che già possiede una linea di fabbricazione di yogurt di capra, ha mostrato notevole interesse per il processo tecnologico e per le caratteristiche nutrizionali e sensoriali del prodotto presentato. In tale circostanza il titolare dell'azienda Argei ha manifestato uno specifico interesse al deposito dell'eventuale brevetto del processo tecnologico e del prodotto realizzato.

Bibliografia

Badger T.M., Ronis M.J.J., and Hakkak R. 2001. Developmental effects and health aspects of soy protein isolate, casein, and whey in male and female rats . International Journal of Toxicology 20 : 165 – 174 .

Department of Health, 1994. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subjects N◦ 46. HMSO, London, RU.

Enser, M., 2001. The role of fats in human nutrition. In: Rossell, B. (Ed.), Oils and Fats, vol. 2. Animal Carcass Fats. Leatherhead Publishing, Leatherhead, Surrey, UK, pp. 77–122.

Gobetti M., Stepaniak L., DeAngelis M., Corsetti A., and Cagno R.D., 2002 . Latent bioactive peptides in milk proteins: Proteolytic activation and signifi cance in diary processing . Critical Reviews in Food Science and Nutrition 42 : 223 – 239 .

Guinee, T. P., C. B. Gorry, D. O'Challaghan, B. T. O'Kennedy, N. O'Brien, and M. A. Fenelon., 1997. The effects of composition and some processing treatments on the rennet coagulation properties of milk. Int. J. Dairy Technol. 50:99–106.

McIntosh G., Roupas P., Royle P., 2006. Cheese, omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and human health. Australian Journal and Dairy Technology, 61, 142-146.

Ried K., 2004. Gastrointestinal health. The role of pro- and pre-biotics in standard foods. Aust Fam Physician. 33, 253-255.

Rolfe R D., 2000. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. J. Nutr. 130, 396S – 402S.

Sautier C., Dieng K., Flament C., Doucet C., Suquet J.P., and Lemonnier D., 1983 . Effects of whey protein, casein, soya - bean and sunflower protein on the serum, tissue and faecal steroids in rats . British Journal of Nutrition 49 : 313 – 319 .

Allegato 1

Agris
Agentzia pro sa chirca in agricultura
Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Agris
REGISTRO UFFICIALE - AGRIS SARDEGNA
codice IPA - arfra_sa
0014409 - 28/07/2015 - USCITA
Allegati : 0

/PA Bonassai, 28/07/2015

Spett.
ARGEI
Via Municipio n. 16
08030 Gergei (CA)

A mano

Oggetto: Scheda tecnica di fabbricazione di un prodotto funzionale – Progetto: Pro.Te.N

In relazione al progetto Cluster Top Down dal titolo: "Studio di processi tecnologici per la fabbricazione di formaggi ovi-caprini a breve periodo di maturazione ed elevato valore nutrizionale" PRO.TE.N., si trasmette la scheda tecnica di fabbricazione di un prodotto funzionale a base di latte di capra.

Si precisa, che la tecnologia di fabbricazione del prodotto in oggetto, è stata messa a punto presso il laboratori di tecnologia e chimica casearia dell'Agenzia Agris Sardegna e verrà presentata dai tecnologi dell'Agenzia, nell'ambito dell'incontro a carattere divulgativo che si svolgerà il 29/07/2015, presso la vostra azienda, sede di Ortacesus via del Progresso snc.

Si fa presente che durante l'incontro verrà anche presentata una campionatura del prodotto realizzato.

Allegati:

Scheda tecnica di fabbricazione;

Schede tecniche degli ingredienti utilizzati.

Il Responsabile del progetto
Dott. Antonio Pirisi

Per ricevuta Az. Argei

Dott. ssa Ana Marjanovic

ARGEI
LE FATTORIE RENOLIA s.r.l.
SOCIETÀ AGRICOLA
SAMUEL OLIANAS
P.IVA 01214240911

Agris Sardigna
Agris Sardegna
Agricultural Research Agency of Sardinia (Italy)
Sede legale
Sassari, località Bonassai SS 291 km 18,6
tel. 079 2842300, fax 079 389450
C.F. e P.I. 02270290907

Settore scientifico tecnologia
Loc. Bonassai SS 291 km 18,6 – 07100 Sassari
Tel. +39 079 2842300 – Fax +39 079 389450
dirpa@agrisricerca.it
dirpa@pec.agrisricerca.it
www.sardegnasagricoltura.it