



Separazioni su membrana nell'industria lattiero-casearia

di Claudio Salvadori

Le diverse tecniche di separazione su membrana consentono di operare forti risparmi e sensibili miglioramenti qualitativi. Anche la Parmalat ha inserito nelle produzioni di yogurt, latte UHT e latte pastorizzato, alcune di queste tecniche, ottenendo prodotti di nuova concezione come il latte "Plus", particolarmente ricco in Calcio e, sul mercato Canadese, un latte pastorizzato di alta qualità dal marchio "Lactantia Pure Filtre" caratterizzato da conservabilità doppia rispetto al prodotto tradizionale. Nel caso dello yogurt, in alcuni stabilimenti, la preconcentrazione del latte per ultrafiltrazione aumenta considerevolmente la cremosità del prodotto.

La separazione attraverso tecniche a membrana di componenti alimentari può offrire diverse applicazioni, a seconda della grandezza dei pori utilizzati nelle differenti tecniche. La Tabella 1 riassume la morfologia delle membrane, la grandezza dei pori e le numerose applicazioni ottenibili. Le tecniche di concentrazione a membrana con l'ultrafiltrazione (UF), applicate al settore lattiero caseario, sono uno strumento estremamente versatile:

- l'UF applicata al siero ottenuto quale sottoprodotto della caseificazione (in questo campo si utilizza l'80% di tutte le membrane applicate al settore), consente il recupero di pregiato materiale proteico e riduce drasticamente il carico inquinante di questo sottoprodotto dell'industria lattiero-casearia. Le proteine concentrate sono utilizzate dall'industria dei prodotti da forno, da quella della carne, sono utilizzate nell'alimentazione animale ma anche per l'alimentazione parenterale di pazienti gravemente ammalati.
- Consente di accelerare le azioni di spurgo del siero dalle cagliate con vantaggi economici per il produttore.
- Può operare la separazione selettiva di macromolecole quali enzimi e/o componenti proteiche di particolare importanza tecnologica o nutrizionale.
- Prodotti concentrati per UF possono avvalersi di minori costi di trasporto, pur mantenendo inalterati gli aspetti organolettici e nutrizionali.
- Può migliorare la consistenza di molti prodotti, standardizzando parametri reologici estremamente importanti nella valutazione dei consumatori.

La microfiltrazione (MF), è anch'essa largamente utilizzata specialmente dall'industria formaggiera.

La capacità delle membrane utilizzate, di separare selettivamente, anche se non in modo assoluto, i microbi e le spore microbiche, ha un impatto importante su queste pro-

duzioni. Questo abbattimento microbico, realizzato a bassa temperatura, permette di mantenere intatte le capacità coagulanti delle caseine aprendo la via alle seguenti applicazioni:

- preparazione di formaggi tipici da latte crudo;
- diminuzione di prodotti difettosi o fuori standard grazie a una perfetta standardizzazione igienica della materia prima;
- scegliendo opportune membrane è anche possibile estrarre direttamente le caseine del latte saltando i processi di insolubilizzazione acida e successiva risolubilizzazione con agenti caustici.

Le membrane di nanofiltrazione (NF) sono le ultime arrivate nel settore. Il loro potere di separazione si pone fra l'ultrafiltrazione e la osmosi inversa, consentendo la separazione di acqua, sali e una parte di composti di basso peso molecolare. Sono utilizzate in particolare per il trattamento del siero, campo nel quale tendono a sostituire la concentrazione per osmosi inversa.

Con queste è possibile ottenere una buona demineralizzazione del siero, operazione che prima richiedeva le più complesse tecniche di elettrodialisi. Demineralizzazione e concentrazione consentono di recuperare nutrienti di alto pregio abbassando l'impatto ambientale dell'industria casearia e, come già detto, riducendo i costi di trasporto.

La situazione in Italia

Intorno agli anni Settanta-Ottanta in Italia, l'introduzione in campo lattiero-caseario delle tecniche di separazione su membrana è stata particolarmente ostacolata. Tutto ciò che poteva consentire una trasportabilità del latte a prezzi contenuti, compresa la sua polverizzazione, era vietato al fine



Prof. Claudio Salvadori, Direzione scientifica, Parmalat SpA.





Case History

Tabella 1 - Obiettivi della separazione su membrana nel settore alimentare

Tecnica	Pori (micron)	Obiettivi
Microfiltrazione	0,1-10	Abbassamento della carica batterica del latte a bassa temperatura
Ultrafiltrazione	0,01-0,1	Concentrazione del latte
		Concentrazione del siero di latte
		Concentrazione del Calcio legato alle caseine.
		Aumento delle rese di caseificazione
		Sterilizzazione del permeato
		Eliminazione di attività enzimatiche
Nanofiltraazione	0,001-0,01	Soppressione delle fasi di spurgo delle cagliate
		Frazionamento dei polipeptidi del latte
		Deminerizzazione del siero di latte
Osmosi inversa	0,0001-0,0011	Recupero di peptidi ed altre molecole organiche (esempio zuccheri)
		Preconcentrazione del siero ed altri reflui dell'industria lattiero casearia
		Diminuzione dell'impatto ecologico nel trattamento di reflui
		Produzione di acqua demineralizzata per caldaie a vapore

di favorire l'utilizzazione di materia prima nazionale. La situazione delle scorte di latte in polvere in Europa era estremamente eccedentaria, grandi quantità di polvere venivano destinate ad alimentazione di vitelli a prezzi molto agevolati. In mancanza di test analitici che potessero evidenziare l'aggiunta di latte concentrato/polverizzato a latte fresco, era molto facile tagliare con latte in polvere/concentrato partite di latte fresco, operando non solo una frode ai danni dei consumatori ma anche una concorrenza sleale a danno dei produttori italiani.

In una tale situazione l'allora Ministero dell'Agricoltura e Foreste, emanò decreti restrittivi sull'utilizzazione di ogni sistema di concentrazione del latte, compresa l'UF in stabilimenti di produzione di prodotti lattiero-caseari.

A metà degli anni Ottanta, da una parte assistiamo alla riduzione drastica delle scorte comunitarie di latte in polvere, dall'altra viene instaurandosi un sistema nel quale l'applicazione dell'UF, favorisce tecnologicamente ed economicamente i produttori dell'Europa Centro-settentrionale a danno dei produttori nazionali. Esce allora finalmente, da parte del suddetto Ministero, una serie di circolari, contenenti deroghe alla normativa precedente, che resero possibile una serie di applicazioni industriali di queste tecniche anche in campo lattiero caseario.

I primi ad approfittare di ciò sono stati i grandi produttori di formaggi. L'introduzione, infatti, dell'ultrafiltrazione consentiva loro di ottenere notevoli risparmi, fondamentalmente per due motivi:

- aumento delle rese di produzione, per la capacità di utilizzare e bloccare nella cagliata anche le proteine del siero;
- possibilità, per alcuni formaggi freschi, di accelerare i processi riducendo o eliminando i tempi di spurgo del siero dalle cagliate.

Anche la gestione della depurazione ha trovato nuove vie: la possibilità di separare selettivamente componenti quali polipeptidi, zuccheri e grassi, unita alla miglior utilizzazione del siero ha reso possibile un alleggerimento del BOD dei reflui e ha consentito di valorizzare componenti alimentari pregiate altrimenti perse come prodotti di scarto. Interessante è ad esempio la possibilità di recuperare lattosio attraverso il quale, per fermentazione con lieviti si può produrre alcool di ottima qualità. Oggi esiste la massima liberalizzazione normativa e quindi sempre più le aziende del

settore stanno applicando questi processi.

L'esperienza di Parmalat

Anche un'azienda come Parmalat, che nel proprio portafoglio prodotti, non annovera formaggi, ma derivati liquidi del latte e di vegetali, ha rivolto l'attenzione a queste tecniche trovando talvolta soluzioni originali e interessanti, diverse da quelle tradizionali. Nel campo industriale l'innovazione si

origina, di solito, per rispondere a necessità di mercato. Nel campo del latte ad esempio, specialmente dopo la crisi di Chernobyl del 1986, si è assistito, a una stagnazione e talvolta riduzione dei consumi di latte.

Ciò è stato attribuito a diverse cause: innanzi tutto alla fobia di alcuni consumatori rispetto ai prodotti ricchi in grassi di origine animale, al progressivo invecchiamento della popolazione, ai flussi migratori verso l'occidente di popolazioni nella cui cultura alimentare non esiste il consumo di latte e derivati, alla forte pressione commerciale di altri *softdrink*.

L'innovazione tecnologica può sopperire a bisogni particolari emergenti dal mercato o a particolari richieste, a volte non espresse della popolazione. In uno sforzo congiunto fra marketing, R&D e ingegneria di processo, si è ritenuto che alcune applicazioni delle tecniche di separazione su membrana avrebbero potuto inserirsi in modo positivo nella soluzione dei problemi sopra enunciati.

Altre volte la spinta ad affrontare tali tipi di applicazione è venuta dalla necessità di abbattere i costi produttivi, di migliorare la qualità dei prodotti, di incrementare la sicurezza e la *shelf life* dei prodotti, di inserirsi in nuovi settori di consumo con innovazioni che potessero ragionevolmente ri-

Tabella 2 - Applicazione di tecniche di separazione su membrana presso la Parmalat

Tecnica	Motivazione
Nel settore lattiero	
Ultrafiltrazione	Latte arricchito in Calcio (Latte Plus)
	Latte concentrato per la produzione di Yogurt
	Panna concentrata per mascarpone
Microfiltrazione	Produzione di latte pastorizzato a prolungata conservazione
Non lattiero-caseario	
Microfiltrazione	Vino
Ultrafiltrazione	Succhi limpidi
	Succo di mela
	Succo di limone
Nanofiltraazione	Acqua in bottiglia
Osmosi inversa	Acqua deionizzata di alta qualità





Case History



chiamare l'attenzione del consumatore.

Nella Tabella 2 vengono riassunte alcune delle più importanti applicazioni di separazione su membrana studiate per la

realità produttiva Parmalat. La società rivolge una particolare attenzione al settore: lo dimostrano i diversi programmi in corso di R&D basati su tecnologie di separazione su membrana molto avanzate.

Latte Plus

Come noto, il latte che viene penalizzato dal punto di vista nutrizionale dalla presenza di materia grassa di origine animale, è al contrario valorizzato a motivo della sua particolare ricchezza in calcio. La disponibilità di questo elemento fa del latte un alimento insostituibile nella dieta di ogni individuo. L'assunzione di questo minerale in età giovanile è ritenuta essere uno dei più efficienti mezzi di prevenzione dell'osteoporosi. L'osso si arricchisce in Ca fino a circa 20/30 anni, dopo di che, inesorabilmente, si assiste a una riduzione della sua massa, a ritmi variabili, a seconda del sesso e di fattori genetici, dando origine a questa patologia. L'accumulo di massa ossea in giovinezza consente di ritardare o evitare questa malattia che oggi assume un'importanza sociale, anche a causa del rapido invecchiamento della popolazione.

I valori raccomandati di calcio non sono facilmente raggiungibili con un regime alimentare normale. La disponibilità di un latte particolarmente ricco in calcio può efficacemente aiutare nel raggiungimento di questi valori critici. Questo elemento nel latte è legato alle micelle caseiniche in ragione di circa il 75-80%. L'applicazione di ultrafiltrazione consente quindi di arricchire il latte in proteine e con esse anche nel Calcio a esse legato. Esistono inoltre evidenze tratte da studi su animali, ma anche direttamente sull'uomo, che i livelli d'assunzione di calcio si correlano in modo inverso con la proliferazione cellulare nel colon e quindi con il rischio di cancro del grande intestino.

Una simile correlazione inversa è stata dimostrata, con studi epidemiologici e di intervento, anche per quanto riguarda l'ipertensione. In determinate situazioni (gravidanza, invecchiamento, in individui con abituale bassa assunzione di calcio), un arricchimento nella dieta fino a 1.000/1.500 mg/giorno si è dimostrato particolarmente efficace nell'abbassare la pressione arteriosa.

La concentrazione per UF del latte che ha consentito un incremento del calcio naturale del latte, l'aggiunta di vitamina D3 e altri elementi antiossidanti, hanno portato a un prodotto indirizzato alla prevenzione di queste patologie.

Per quanto riguarda in particolare l'osteoporosi, di cui soffre in modo particolare ma non esclusivo la popolazione femminile, si deve segnalare che la sua prevenzione o attenuazione è efficace solo se l'aumento di livello di consumo di calcio viene inserito nelle abitudini alimentari fin dalla giovinezza, visto che la massa ossea persa in età postmenopausale, non è più reintegrabile.

La produzione del latte Plus quindi non è da considerare un prodotto di nicchia, destinato alle donne o alla sola terza età, ma va visto come prodotto che risponde alle esigenze nutrizionali di una larghissima area di consumatori e quindi dalle larghe potenzialità di mercato. Il successo commerciale è stato evidente: annualmente vengono trattati, a questo scopo, circa 20 milioni di litri.

Il limite di quest'applicazione consiste nel fatto che sul prezzo finale d'acquisto il costo della materia prima è notevolmente elevato. Infatti, la concentrazione consiste nell'allontanamento del 40 % di acqua, da cui deriva un corrispondente aumento dell'incidenza, sul costo finale, della materia prima.

Concentrazione con ultrafiltrazione del latte per la produzione di yogurt

Per yogurt si intende un prodotto ottenuto per acidificazione fermentativa di latte vaccino a opera di una flora microbica specifica, costituita da *Lactobacillus delbruekii, sub. Bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. Nello yogurt, la consistenza del coagulo è uno dei parametri di qualità più importanti e più apprezzati dal consumatore. Per questo motivo i produttori pongono una particolare attenzione a ottimizzare questa, utilizzando diversi metodi fisici di trattamento della materia prima (denaturazione termica delle proteine ed omogeneizzazione del latte ad alta pressione). Esiste anche una correlazione positiva fra il tenore in grassi/proteine e la consistenza. Per ottenere il livello desiderato di questi nutrienti non è sufficiente la scelta di latte crudo di particolare qualità nutrizionale, ma è necessario operare una concentrazione del latte proveniente dalla stalla. Tutti i produttori di yogurt, infatti, usano togliere un contenuto di acqua di circa il 20% prima di operare la fermentazione.

I due metodi più comunemente usati sono la concentrazione con evaporatori a film cadente sotto vuoto e l'ultrafiltrazione. Quest'ultima è stata adottata, in alcune unità produttive, per i seguenti motivi:

- il costo contenuto degli impianti;
- le dimensioni ridotte degli stessi;
- operazioni di cleaning facili;
- parziale allontanamento di lattosio e sali con vantaggio per gli intolleranti al lattosio e per gli ipertesi;
- un miglioramento degli aspetti organolettici quali un colore più bianco, una scarsa separazione di siero, un sapore più gradevole dovuto al minor contenuto in sali.

Tabella 3 - Confronto fra Latte Plus e normale latte parzialmente scremato

(concentrazione espressa per 100 ml)

Nutriente	Latte Plus	Latte parz. scremato
Calcio mg	160	120
Proteine g	5,2	3,1
Vitamina E mg	2	0,03
Vitamina D3 λ g	1	0,05
Vitamina C mg	12	1,5
Selenio λ g	10	2
Zinco mg	1,2	0,4

Nota: in corsivo i nutrienti arricchiti per ultrafiltrazione, gli altri sono aggiunti come ingredienti





Case History

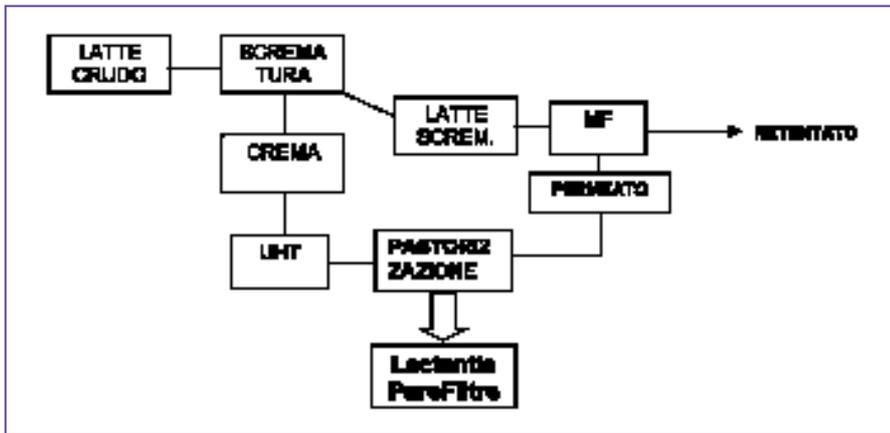


Figura 2 - Schema di flusso per la preparazione di Lactantia Pure Filtre

Tabella 5 - Riduzione microbica dovuta al trattamento di microfiltrazione

Latte crudo	Retentato	Permeato	Riduzione %
42.000	18.000	<1	99,997
51.000	19.000	<1	99,998
98.000	41.000	<1	99,999
120.000	18.000	12	99,990
300.000	55.000	25	99,992
770.000	200.000	76	99,990

una sua completa assenza dal prodotto finito ove questo non subisca anche un trattamento termico.

L'altissimo contenuto igienico del latte microfiltrato consente un trattamento di pastorizzazione molto blando (il minimo per inattivare l'attività fosfatase), consentendo di produrre un latte dallo spiccato sapore di latte crudo.

La Figura 3 mostra l'andamento delle cariche batteriche del Lactantia Pure Filtre durante la shelf life in confronto con quelle di un normale pastorizzato.

La conservabilità di un normale pastorizzato in Canada varia da 12 a 18 giorni; il Lactantia Pure Filtre viene venduto

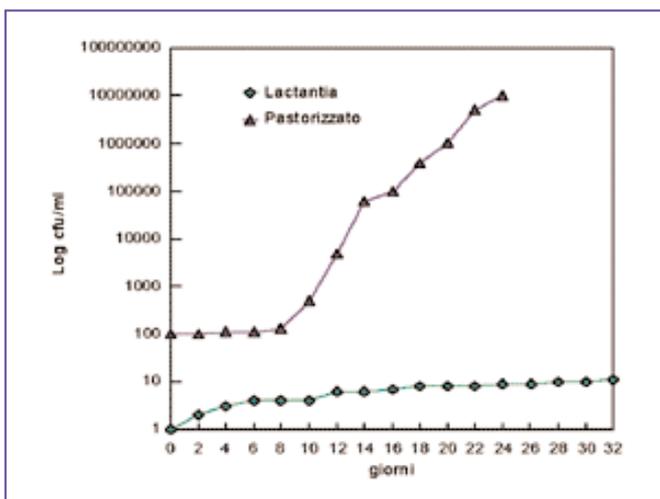


Figura 3 - Andamento della carica batterica, durante la conservazione a 4 gradi, di latte pastorizzato tradizionale e Lactantia Pure Filtre

con una shelf life di 32 giorni garantendo al consumatore un quadro igienico migliore. Questo è uno dei casi in cui l'innovazione tecnologica ha costituito la base per un notevole successo industriale. È evidente da queste note anche come il successo sia legato alle particolari condizioni di mercato.

In Italia, dove, contrariamente al Paese Nordamericano, esiste una larga diffusione di latte UHT di elevata qualità, si è giudicato, almeno per il momento, non applicabile questa tecnologia alla produzione di latte pastorizzato.

Possibili nuove applicazioni

Una delle domande che l'industria alimentare si pone è se queste tecniche, con la vistosa differenziazione in atto (membrane selettive, distillazione osmotica, distillazione a membrana, pervaporazione ecc.) possano utilmente essere inserite in nuovi processi.

Si ritiene che esistano le potenzialità, anche se oggi solo a livello teorico, per risolvere tutta una serie di problematiche aperte per il settore lattiero caseario.

Non sembra impossibile, ad esempio, ottimizzare la delattosazione del latte usando in cascata ultrafiltrazione (lattosio nel permeato), operare la nanofiltrazione del permeato con la quale eliminare il lattosio e reinserire il suo permeato nel retentato UF così da ricostituire il latte di partenza ma deprivato in gran parte dei suoi zuccheri.

Il gusto dolce potrebbe essere reintegrato con piccole aggiunte di saccarosio, oppure addirittura usando gli zuccheri semplici ottenibili per idrolisi enzimatica del lattosio separato con la nanofiltrazione. Le attuali tecniche di delattosazione, pur notevolmente efficaci presentano il limite di processi molto prolungati, con invecchiamento del latte, se eseguite a bassa temperatura, o con problemi igienici, se condotte a temperatura superiore ai 14-15 gradi.

Sembra anche possibile, utilizzando in cascata una serie di specifiche membrane, separare selettivamente diversi tipi di contaminanti, con i quali oggi dobbiamo convivere quali: metalli pesanti, micotossine, pesticidi, diossine e pcb.

Perché non immaginare la possibilità di separare dal latte piccoli peptidi di tipo bioattivo, come ad esempio i sistemi antibatterici naturali del latte, da usare, una volta concentrati, per scopi mirati? Oggi grandi quantità di proteine del latte, non recuperate per l'eccessiva diluizione nelle acque di risciacquo degli impianti, vengono inviate ai depuratori con le acque di processo in uscita dagli impianti. Una serie di cartucce di UF potrebbero consentire la loro concentrazione e quindi il loro riutilizzo.

Infine potremmo realizzare il grande sogno dei produttori di latte a lunga conservazione: disporre di membrane capaci di separare in modo assoluto, sistemi microbici ed enzimatici presenti nel latte crudo dalle proteine, così da ottenere un latte a lunga conservazione dal gusto di latte fresco.

Se a queste ipotesi, uniamo tutte quelle realizzabili in altri campi ad esempio quello caseario e quello delle bevande, possiamo davvero ritenere che l'oggi sia soltanto il mattino di una grande giornata ricca di numerose ed eccitanti applicazioni, all'industria alimentare, delle membrane.

