

# REIDRATAZIONE DI POLVERI A BASE DI CASEINA RECUPERATA DA LATTE SCADUTO: EFFETTO DI CONCENTRAZIONE, pH E AGENTI CHELANTI DEL CALCIO

Marta SINDACO<sup>1\*</sup>, Hooriye MOHAMMADPOUR<sup>1</sup>, Veronica ROSI<sup>1</sup>, Sreedevi NALLITHODI<sup>1</sup>, Luisa PELLEGRINO<sup>1</sup>, Paolo D'INCECCO<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, via Celoria 2, 20133 Milano.

## INTRODUZIONE

Il latte pasteurizzato possiede ottime proprietà nutrizionali e sensoriali grazie al moderato trattamento termico cui è sottoposto. Tuttavia, la sua breve shelf life favorisce l'accumulo di **prodotto invenduto**. Una volta scaduto, il latte non è più idoneo al consumo umano e viene classificato come sottoprodotto di categoria 3 (Reg. CE 1069/2009), destinato ad alimentazione animale, fertilizzazione o smaltimento. Ciò nonostante, contiene ancora quantità significative di **caseina** (~26 g/L), una proteina **facilmente recuperabile**. Essendo precluso l'impiego nell'industria alimentare, la modifica delle proprietà funzionali della caseina ne consente l'utilizzo per **applicazioni non alimentari**, come lo **sviluppo di materiali innovativi**, come film, coating ed estrusi (1-4).

Nell'ambito del Progetto PRIN "MILK\_O", il latte pasteurizzato scaduto è stato trasformato da rifiuto a risorsa attraverso il recupero di diversi tipi di caseina (caseina acida, caseinato, co-precipitato, caseina presamica), ciascuna con **specifiche caratteristiche chimico-fisiche e proprietà funzionali** (5). Tuttavia, le polveri a base di caseina presentano spesso **scarsa solubilità e ridotta capacità di reidratazione**, aspetti che ne limitano l'applicazione. La stabilità e le proprietà della caseina dipendono dagli **equilibri tra le diverse forme di calcio**: l'aggiunta di **agenti chelanti** durante la solubilizzazione riduce le interazioni proteiche, migliorando solubilità e viscosità delle dispersioni. Inoltre, anche **pH** e **temperatura** influenzano il comportamento della caseina (6,7). Gli effetti e le **interazioni tra questi fattori** (pH, temperatura, agenti chelanti) sulle proprietà chimico-fisiche delle dispersioni a base di caseina è oggetto di crescente interesse di ricerca.

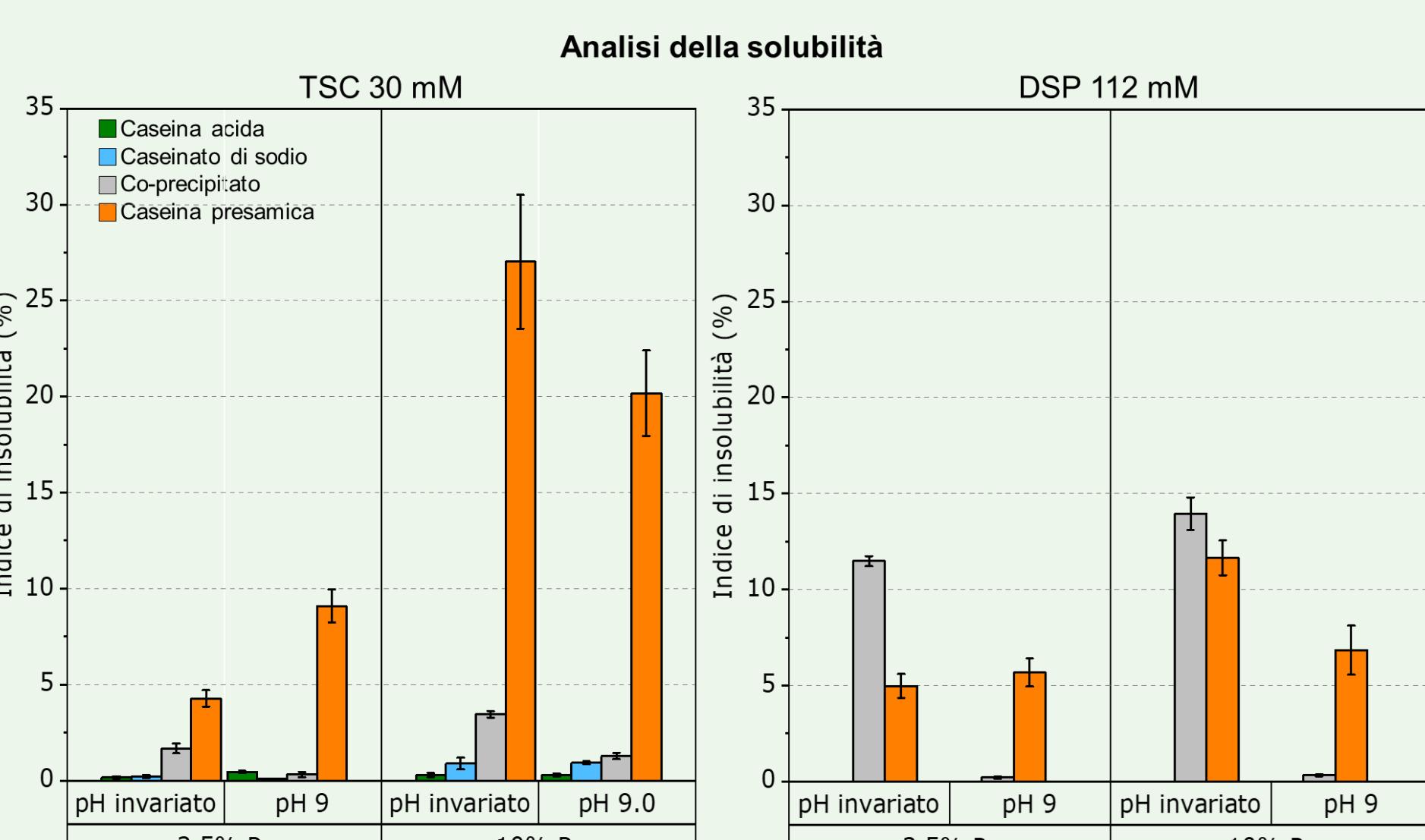
## SCOPO

Recuperare la caseina dal latte pasteurizzato scaduto e individuare le migliori condizioni di solubilizzazione delle polveri ottenute valutando l'effetto di diversi agenti chelanti, del pH e della concentrazione proteica ricostituita.

## RISULTATI

Composizione delle polveri (g/100g):

	Proteina	Grasso	Lattosio	Umidità
Caseina acida	62,31 ± 0,76 <sup>a</sup>	33,21 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,35 ± 0,08	1,53 ± 0,21 <sup>a,b</sup>
Caseinato di sodio	60,21 ± 1,51 <sup>b</sup>	31,07 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,50 ± 0,11	2,56 ± 1,3 <sup>a,b</sup>
Caseina presamica	48,27 ± 0,14 <sup>c</sup>	24,94 ± 0,00 <sup>c</sup>	17,30 ± 0,23	1,47 ± 0,04 <sup>b</sup>
Co-precipitato	63,52 ± 0,06 <sup>a</sup>	29,45 ± 0,08 <sup>d</sup>	2,01 ± 0,08	2,19 ± 0,4 <sup>a</sup>



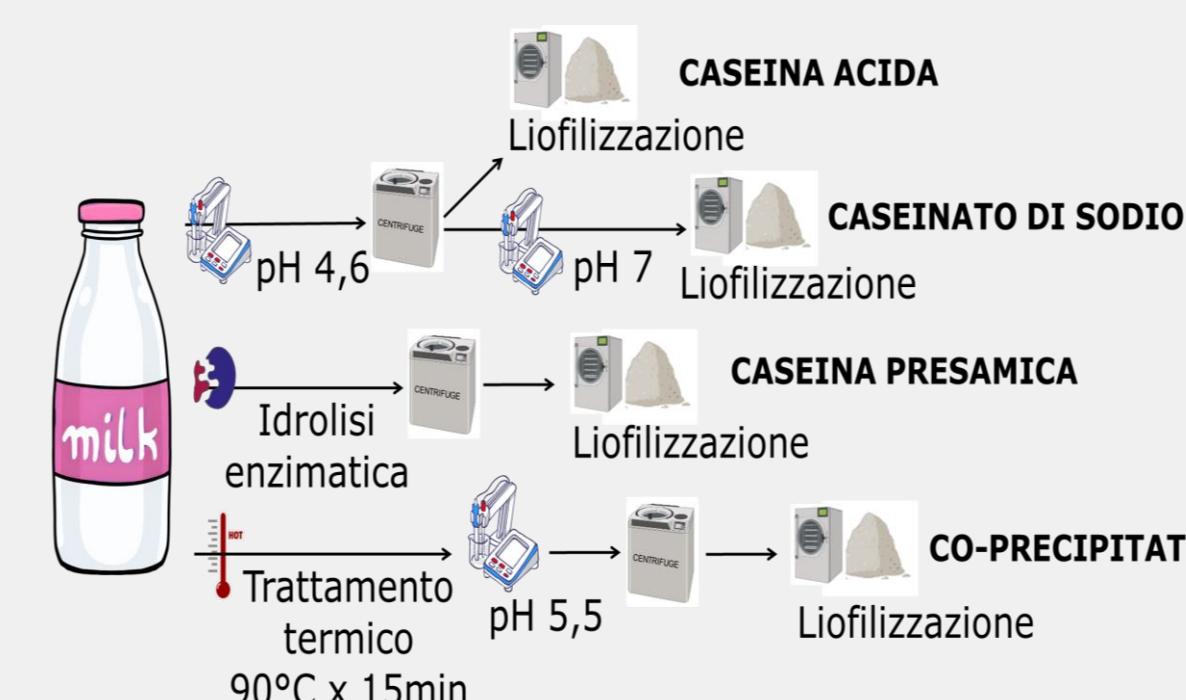
La **solubilità** è risultata **dipendere significativamente** dal **tipo di polvere** e dal **pH**

- Caseina acida e caseinato di sodio: l'indice di insolubilità è risultato sempre <1%, indipendentemente dal pH e dalla concentrazione proteica risospesa;
- Co-precipitato: la solubilità è fortemente influenzata dal pH, migliore a pH 9;
- Caseina presamica: ha mostrato gli indici di insolubilità più alti, che incrementavano all'aumentare della concentrazione proteica risospesa.

## METODI E ANALISI

**1** Recupero delle polveri a base di caseina da latte pasteurizzato, parzialmente scremato scaduto proveniente dal commercio.

Determinazione della composizione



**2** Solubilizzazione delle polveri al 3,5% e 10% di proteina mediante agitazione e riscaldamento a 60°C per 45 minuti in tri-sodio citrato (TSC) 30 mM o in di-sodio fosfato (DSP) 112 mM e a due condizioni di pH (invariato e pH 9):



Determinazione dell'indice di insolubilità. Calcolato come rapporto % (p/p) tra il peso del pellet ottenuto dopo centrifugazione (36g x 10min) e il peso di 1.5 mL di dispersione.

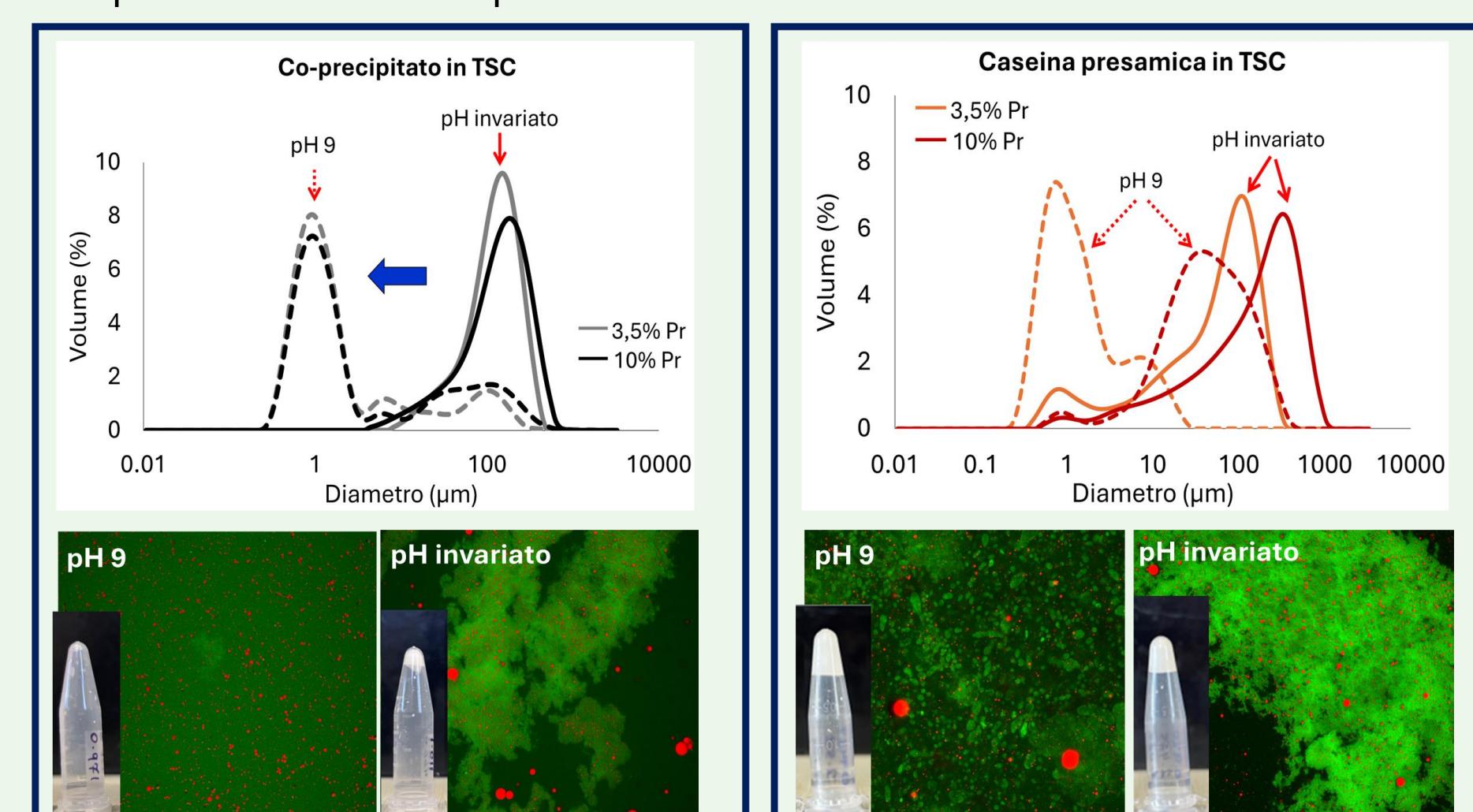
**3** Caratterizzazione delle dispersioni:

Analisi della distribuzione dimensionale delle particelle mediante Light Scattering (Mastersizer 3000).

Microscopia confocale a scansione laser (CLSM) previa colorazione delle dispersioni con Fast Green e Nile Red per visualizzare rispettivamente proteina e grasso.

La **distribuzione dimensionale delle particelle** varia in funzione del tipo di polvere e del pH

- Caseina acida e caseinato di sodio: la maggioranza delle particelle aveva un diametro di 1,3±0,23 µm, indipendentemente dalla concentrazione proteica, dall'agente chelante e dal pH.
- Co-precipitato: la solubilizzazione a pH 9 ha spostato la distribuzione dimensionale delle particelle verso diametri inferiori, indipendentemente dalla concentrazione proteica e dall'agente chelante.
- Caseina presamica: la diminuzione del diametro medio delle particelle a pH 9 è stata osservata solo quando la polvere è stata risospesa in TSC.



CLSM e light scattering hanno mostrato aggregati proteici di grandi dimensioni nelle dispersioni di co-precipitato e caseina presamica a pH invariato. A pH alcalino gli aggregati si sono dissociati in strutture più piccole; tuttavia si sono verificati fenomeni di coalescenza tra i globuli di grasso.

## CONCLUSIONI

Il tipo di caseina si è mostrato il fattore che ha maggiormente influenzato le caratteristiche delle dispersioni. In particolare, la caseina acida ed il caseinato di sodio hanno mostrato un'ottima solubilità in tutte le condizioni testate. Diversamente, il co-precipitato ha mostrato una buona solubilità solo a pH alcalino. La scarsa solubilità della caseina presamica è migliorata solo nelle dispersioni al 3,5% di proteina, e soprattutto in TSC; nessuna sua dipendenza dal pH è stata osservata. La combinazione di vari fattori (tipo di polvere, pH, agente chelante) consente di modificare le caratteristiche delle dispersioni a base di caseina.