

# Estabilidade do leite

CALOR



## Parâmetros de composição:

- pH; concentração de sais e proteínas

## Parâmetros de processamento:

- Pré-aquecimento

Alterações causadas pelo aquecimento sobre a acidez: **redução do pH**

- Precipitação de fosfatos de cálcio => liberação de  $H^+$  ( $H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2PO_4^- \rightleftharpoons HPO_4^{2-} \rightleftharpoons PO_4^{3-}$ ) ~ 30%
- Hidrólise das ligações éster dos fosfatos orgânicos (-cn) => precipitação de fosfato de cálcio ~ 20%
- Lise térmica da lactose => ácidos orgânicos (especialmente ác. fórmico) ~ 50%

Alterações causadas pelo aquecimento sobre a **acidez**

Reações que causam a coagulação (modelo):

- Agregação coloidal (pontes de Ca – dependente da atividade  $\text{Ca}^{2+}$ :  $\downarrow \text{pH} \Rightarrow \uparrow a_{\text{Ca}^{2+}}$ )
- Ligações cruzadas (não identificadas ainda)
- Depleição da  $\kappa$ -cn das micelas pelo calor (sai da micela, fica em solução)  $\Rightarrow$  menos “cabeluda”  $\Rightarrow$  menor estabilidade à agregação (reduz a repulsão estérica)

Alterações causadas pelo aquecimento sobre a **acidez**

## Estabilidade ao aquecimento:

pH inicialmente alto => depleição da  $\kappa$ -cn micelar

micelas ainda suficientemente estáveis (carga elétrica e baixa concentração  $\alpha\text{Ca}^{2+}$ )

↓ pH pelo aquecimento =>  $\kappa$ -cn (complexada à  $\beta$ -lactoglobulina) retorna à micela => repulsão estérica

Alterações causadas pelo aquecimento sobre a **acidez**

## **Baixo pH inicial do leite => Coagulação térmica (pH<6,2)**

- Taxa de ↓ do pH determina a taxa de coagulação do leite
- ↑ o pH inicial => ↑ o tempo para chegar ao pH no qual a coagulação ocorreria

Alterações causadas pelo aquecimento: **balanço mineral**

- ↓ solubilidade do fosfato de cálcio => ↓ cálcio e magnésio iônico (precipitam como sais de fosfatos e citratos)

Reversibilidade parcial:

resfriamento => ↑ na concentração de cálcio e fosfato solúvel às custas do CCP

Alterações causadas pelo aquecimento: **proteínas**

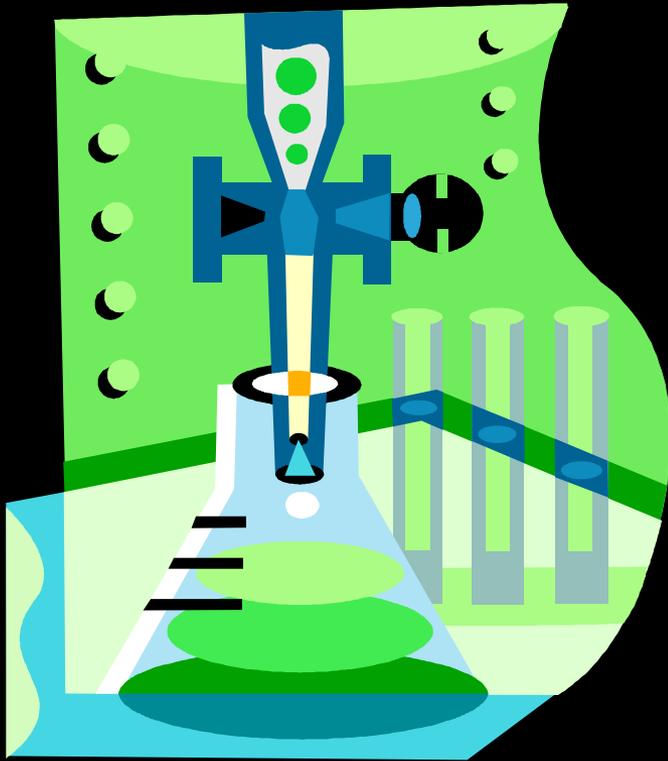
Caseína resistente (lisina => Reação de Maillard)

Proteínas globulares => exposição de grupos tiol (-SH) da  $\beta$ -lactoglobulina que reage com a  $\kappa$ -cn => "micela coberta" (aumenta força de repulsão estérica e aumenta carga negativa):

- ↑ estabilidade do leite ao calor
- ↑ tempo de coagulação
- ↑ rendimento de fabricação

# Desestabilização intencional do leite





## Redução do pH

1. adição de ácido
2. fermentação natural ou culturas

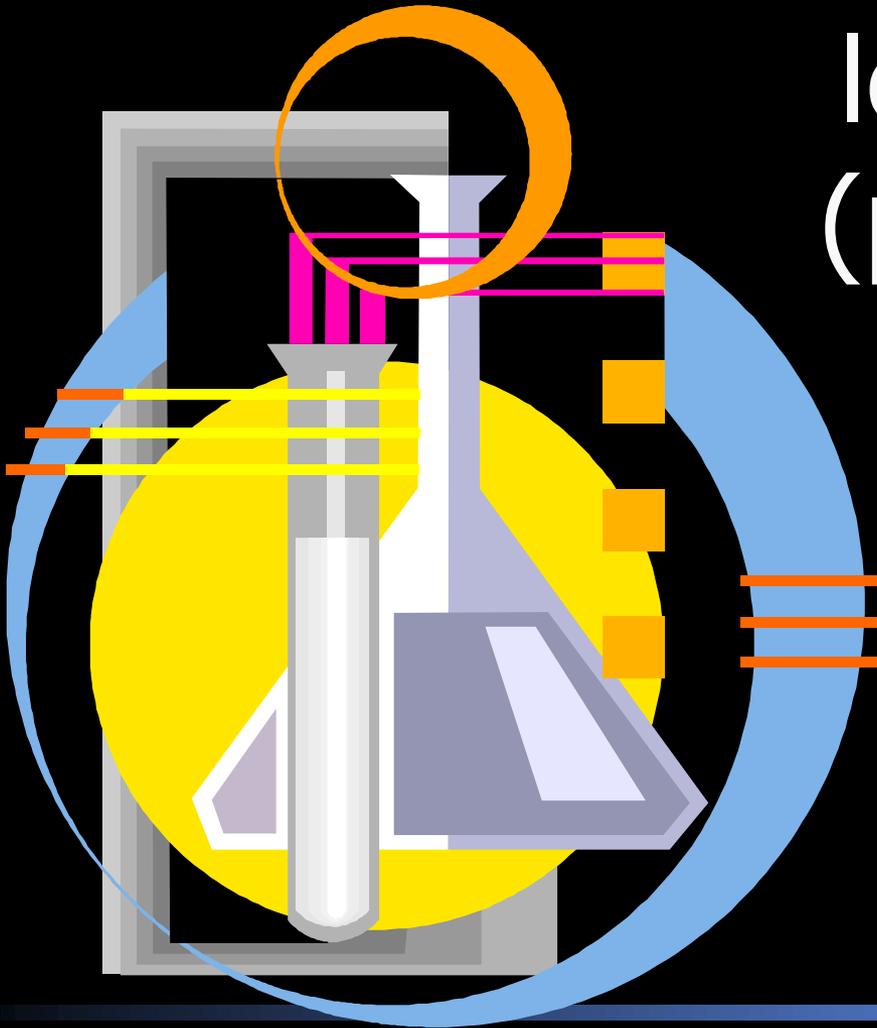
↓ pH => libera cálcio iônico do CCP ( $\uparrow a_{Ca^{2+}}$ ) =>  
↓ carga elétrica (*counterions*) da caseína e ↑  
ligações de cálcio  
=> formação de uma rede que precipita

adição de ENZIMAS  
(coalho)

## *Chimosina*

- chimosina X pepsina
- Ação sobre a  $\kappa$ -cn  $\Rightarrow$  caseinomacropéptido (libera no soro) - proteose
  - $\Rightarrow$  para  $\kappa$ -cn (permanece na micela na forma de paracaseinato de cálcio)
- $\downarrow$  pH  $\Rightarrow$   $\uparrow$  afinidade da enzima  $\Rightarrow$   $\downarrow$  repulsão estérica
  - $\Rightarrow$   $\uparrow$   $\alpha$ Ca<sup>2+</sup>  $\Rightarrow$   $\downarrow$  repulsão eletrostática e  $\uparrow$  pontes de cálcio

# Estabilidade do leite ao ETANOL (prova do álcool)



Fim da década 1930 => teste indicador de:

- Leite ácido
- Leite misturado com colostro
- Leite mastítico

### estabilidade etanol x [Ca]

#### pH normal

- adição Ca => fosfatos/citratos "seqüestram" Ca (precipitam na forma de FCC) => leite estável
- adição de quelantes (fosfatos e citratos) => leite + estável

pH baixo =>  $\uparrow a_{Ca^{2+}}$  (às custas do FCC) => leite não estável

- adição Ca =>  $\downarrow$  estabilidade

Leite de caprinos => ↓ **estabilidade etanol**

diferença na proporção individual de caseínas (↑ de  $\beta$ -cn e ↓  $\alpha_{s1}$ -cn)  
=> altera a carga elétrica

⇒ sugere-se um componente eletrostático repulsivo no potencial  
intra-micelar