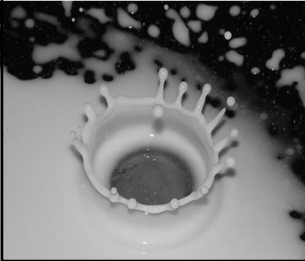


## TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS EM LEITE E DERIVADOS



*Prof. Rodrigo Petrus*

Bioquímica dos Alimentos  
ZEA05612019

## Caracterização da matéria-prima

- Emulsão de óleo em água
- Odor suave e sabor levemente adocicado
- Notável fonte de proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, ácidos graxos essenciais e cálcio
- Excelente qualidade nutricional

2

## Perfil físico-químico

- pH  
6,6 - 6,8
- Aa  
0,99
- $E_h > 0$

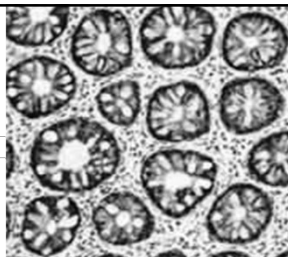
3

## Composition of milk from different types of animals.

Animal	Protein total %	Casein %	Whey protein %	Fat %	Carbo-hydrate %
Human	1.2	0.5	0.7	3.8	7.0
Horse	2.2	1.3	0.9	1.7	6.2
Cow	3.5	2.8	0.7	3.7	4.8
Buffalo	4.0	3.5	0.5	7.5	4.8
Goat	3.6	2.7	0.9	4.1	4.7
Sheep	5.8	4.9	0.9	7.9	4.5

4

## LIPÍDIOS



- Glóbulos de gordura  
0,1 - 20  $\mu\text{m}$
- Envolvidos por uma membrana que os separam da fase aquosa  
fosfolipídios/ação emulsificante

5

## Ácidos graxos no leite bovino

- Cadeia longa ( $C_{14} - C_{23}$ )  
ácidos palmítico e esteárico (saturados)  
75% do total de ácidos graxos nos triacilgliceróis
- Cadeia curta ( $C_4 - C_6$ )  
ácidos butírico e capríco (saturados)  
15%

6

## PROTEÍNAS

- Caseínas
  - α-caseína
  - β-caseína
  - κ-caseína
- Proteínas do soro
  - albuminas
  - globulinas

7

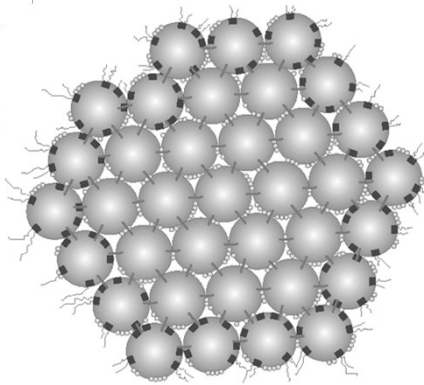
## Caseínas

- 80% do total de proteínas do leite
- Agregados macromoleculares micelas (0,04 – 0,30 μm de diâmetro)
- Baixa solubilidade em pH 4,6

8

## MICELA

- Submicelle
- Protruding chain
- Calcium phosphate
- κ-casein
- Hydrophobic interactions (PO<sub>4</sub> groups)



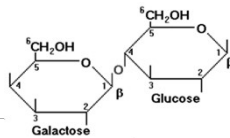
## Estabilidade da micela

- Interações hidrofóbicas
  - alfa beta caseína
- Interações eletrostáticas
  - lisina(+) e grupos fosfatados(-)
- Pontes dissulfeto
  - ligações entre κ-caseínas

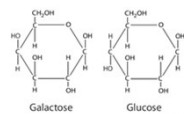
10

## CARBOIDRATOS lactose

- Dissacarídeo redutor
- Gosto doce
- Componente mais instável
- Bom substrato para fermentação
- Baixa solubilidade



11



## Etapas da produção

- Coagulação do leite
  - acidificação
  - ação enzimática
- Desidratação
  - sinérese
- Moldagem
- Salga
- Maturação/cura

13

## COAGULAÇÃO PRECIPITAÇÃO DA CASEÍNA

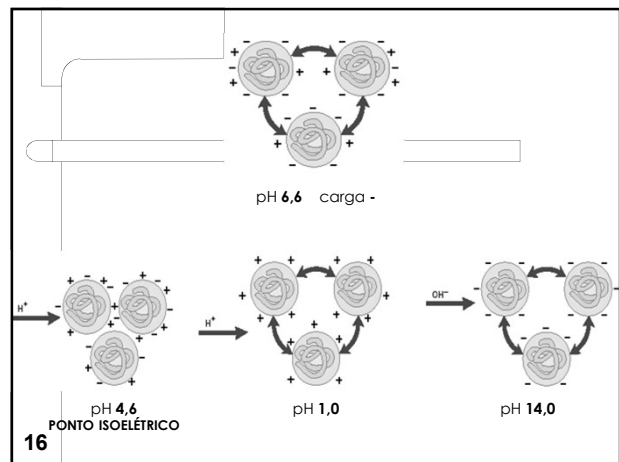
- Adição de ácido
  - ponto isoeletrico (PI)/mecanismo físico-químico
- Adição de renina
  - mecanismo enzimático

14

## Ponto isoeletrico

- Máxima interação eletrostática
- Redução da solubilidade
- Agregação molecular
- Precipitação

15



16

## Fermentação láctica

- Adição de cultura láctica ao leite *starter*
- Fermentação de carboidratos com produção de ácido láctico
  - Desenvolvimento de sabor
  - Inibição de patógenos e deteriorantes
  - Estabilidade microbiológica

17

## FERMENTAÇÃO

PRODUÇÃO DE ÁCIDO LÁCTICO

REDUÇÃO DO pH

AÇÃO ENZIMÁTICA

FORMAÇÃO DO COÁGULO

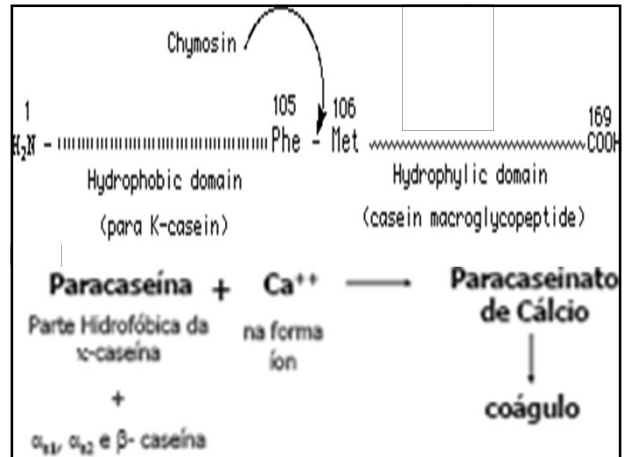
18

## Coagulação do leite

hidrólise enzimática (fase 1)

- Hidrólise da ligação ( $_{105}\text{Phe-Met}_{106}$ ) da  $\kappa$ -caseína
- Liberação de macropéptidos
- Formação de para- $\kappa$ -caseína
- Desestabilização da micela

19

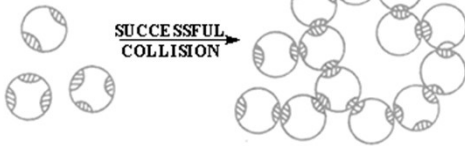


## Coagulação do leite

formação do coágulo (fase 2)

- Agregação das micelas

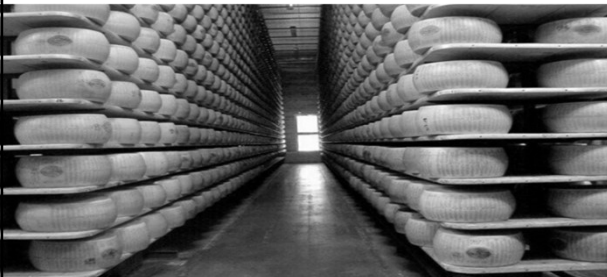
AGGREGATION



21



## Bioquímica da maturação do queijo



## Maturação

- Alterações bioquímicas e físico-químicas em proteínas, carboidratos e lipídios
- Atuação de enzimas produzidas por microorganismos endógenos e/ou exógenos
- Desenvolvimento de textura, aroma e sabor característicos

25

## Culturas lácticas



- *Streptococcus lactis*
- *Lactococcus lactis*
- *Lactococcus cremoris*
- *Streptococcus diacetylactis*
- *Leuconostoc mesenteroides*

26

## Transformações durante a maturação

- Fermentação da lactose a ácido láctico
- Produção de ácidos acético, propiônico e dióxido de carbono
- Proteólise  
sabor e textura do queijo
- Lipólise  
sabor

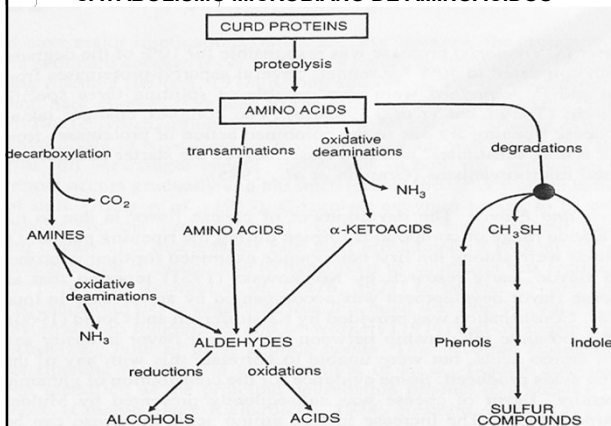
27

## Vias proteolíticas

- Ação da renina  
Degradação limitada da caseína
- Ação proteolítica das bactérias lácticas  
Produção de aminoácidos livres e fragmentos de peptídios
- Ação de proteases endógenas

28

## CATABOLISMO MICROBIANO DE AMINOÁCIDOS



Leite fermentado

30

## Fermentação do leite para produção de IOGURTE

- *Streptococcus thermophilus*  
37 - 38 °C pH 6,2 - 6,5
- *Lactobacillus bulgaricus*  
44 - 45 °C pH 5,4 - 5,6
- Temperatura média na fermentação  
42 °C
- Desenvolvimento simbiótico

31

## Início da fermentação

- Baixa acidez  
ATT < 20 °D
- Aminoácidos livres produzidos por *L. bulgaricus*
- Desenvolvimento de *S. thermophilus*
- Produção de ácido fórmico por *S. thermophilus*

32

## Propagação

- Acidez elevada  
ATT ~ 46 °D
- Alta taxa de desenvolvimento de *L. bulgaricus*
- Produção de acetaldeído  
aroma característico do iogurte
- pH atinge PI da caseína  
4,6
- Coágulo
- ATT final  
85 - 90 °D

33

