



USP

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental

## **Química de Alimentos**

# **PROTEÍNAS ALIMENTARES - 2**

**Prof. Dr. João Paulo Fabi**

### 3- GELIFICAÇÃO:

- gel → **SÓLIDO** ↔ **LÍQUIDO**

- Interações → rede capaz de aprisionar a água e substâncias de baixo peso molecular

-Gel de proteínas:

- **AQUECIMENTO** (solução ~ concentrada)

▪ Desnaturação (parcial) expõe grupos funcionais (estado **sol**: sólido disperso em líquido)

- **RESFRIAMENTO**: interação dos grupos expostos (estado **gel**: líquido disperso em sólido)

▪ Redes estáveis de ligações não-covalentes

▪ aumento das ligações de H

▪ aumento das interações hidrofóbicas



- **GEIS**: ligações de H termicamente reversíveis (**gelatina**)

- **COÁGULOS**: interações hidrofóbicas termicamente irreversíveis (**clara de ovo**); pontes dissulfeto são termicamente irreversíveis (**ovoalbumina**)

## 1) **GÉIS TRANSLÚCIDOS:**

- poucos resíduos hidrofóbicos - formação + lenta
- resfriamento (ordenação das ligações de H)
- géis fortes / termicamente reversíveis
- menos propensos a sinerese

**Ex. GELATINA**



## 2) **COÁGULOS (opacos):**

- muitos resíduos hidrofóbicos
- agregação de forma desordenada
- Tipo de geis fracos / termicamente irreversíveis
- mais propensos a sinerese

**Ex. QUEIJOS / OVO FRITO**



1- O que são géis de proteínas? Qual a diferença do estado ***sol*** para o estado ***gel***?

2- O que são coágulos de proteínas?

# 4- TEXTURIZAÇÃO:

- ESTADO GLOBULAR PROTEÍNA VEGETAL → ESTRUTURA FÍSICA FIBROSA (carne)

## 1) Texturização por formação de fibra:

- isolado proteico concentrado ( $\uparrow$  pH)
- bombeado por micro-orifícios ( $\downarrow$  pH - desnatura)
- massa → amassada, comprimida e esticada
- adicionadas de gordura, aromas, etc.,
- aquecida à 90°C para gelificar



## 2) Texturização por extrusão:

- isolado proteico concentrado
- extrusor → avança sob alta pressão
- final do fundo cônico aquecida a 180°C
- desnaturação proteica (fusão termoplástica)
- liberação de pressão → água evapora
- ocorre expansão (*puffing*) do produto



# Proteínas do Trigo

## CAPACIDADE DE FORMAÇÃO DE MASSA:

- Farinha de trigo + água + força mecânica → massa viscoelástica
- Fração amido → propriedades de intumescimento



## - Fração proteica insolúvel: **GLÚTEN**

- mistura heterogênea de proteínas:

- ***gliadinas*** e ***glutelinas***: aprisionar o gás durante a fermentação da massa

# 5- FORMAÇÃO DE MASSA

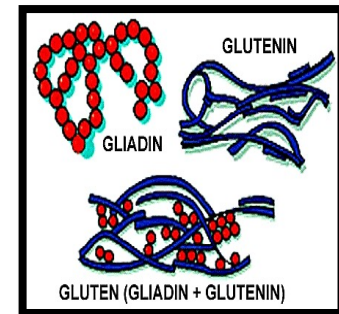
## GLUTELINAS:

- polipeptídeos heterogêneos → 12 a 130 KDa
- pontes dissulfeto se alteram durante o processo
  - ≈ viscosidade; ↑ viscoelasticidade
  - Trigo de boa qualidade: interação glutelinas alta / baixas massas moleculares
    - ↑ **elasticidade**, ↑ **tempo**
  - Trigo de baixa qualidade: interação glutelinas baixa massa molecular
    - ↑ **elasticidade**, ↓ **tempo**



## GLIADINAS:

- 4 grupos,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\omega$ -gliadinas → 30 - 80 KDa
- nº constante de Cys-Cys inseridas no interior das proteínas
- pontes dissulfeto não se alteram durante processo
  - ↑ viscosidade; ↓ viscoelasticidade
  - **principal responsável pela doença celíaca**



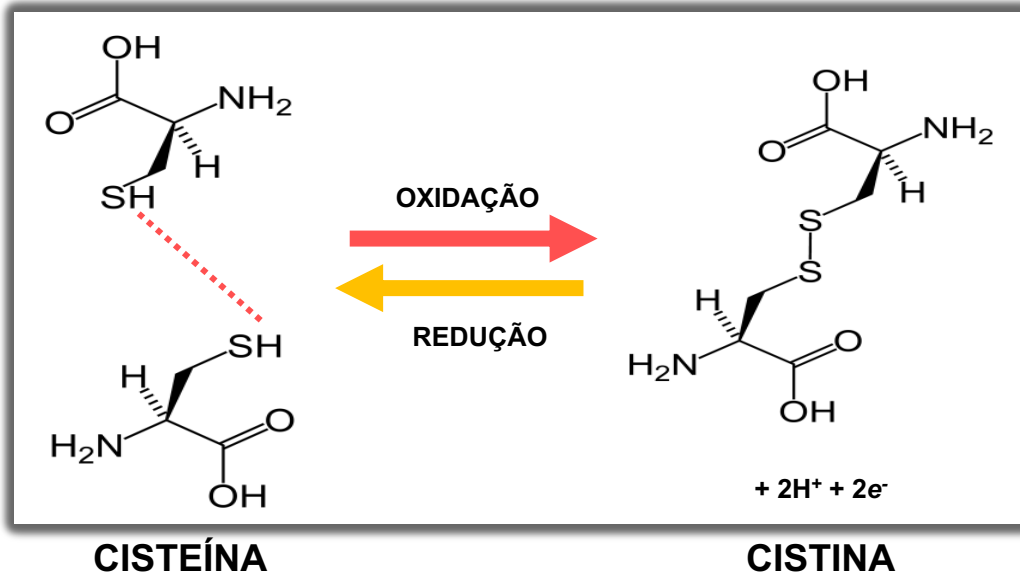


# Proteínas do Trigo

**GLÚTEN:** 30% aminoácidos hidrofóbicos

< 10% aminoácidos hidrofílicos

**1-3 mol% de Cys - Cistina**



## **Massa do pão:**

- resíduos hidrofóbicos (ar - lipídeos)
- resíduos hidrofílicos (coesão-adesão)
- sulfidril-dissulfeto → polimerização → cavidades de ar

▪ agentes oxidantes, ↑ elasticidade (iodatos e bromatos – PROIBIDOS!!!)





3- O que é proteína texturizada?

4- Como que a massa do pão se forma? Qual o papel dos agentes oxidantes no processo?

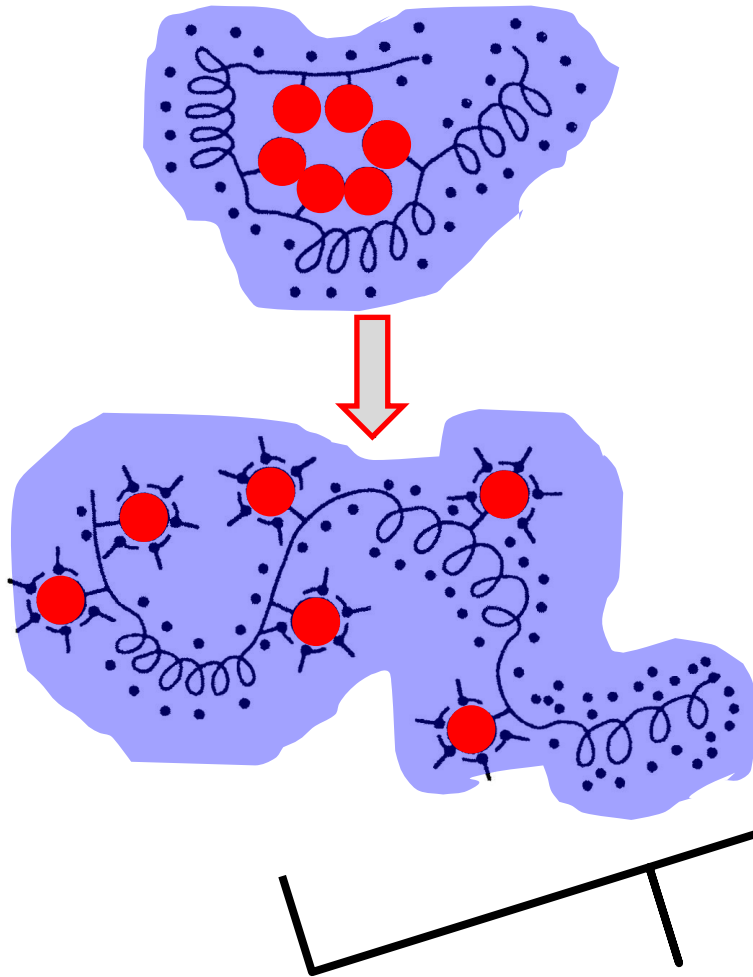
# ESTRUTURA QUÍMICA

## *DESNATURAÇÃO PROTEICA*

- Ligações peptídicas se mantêm inalteradas;
- Outros tipos de interações são afetadas;
- Domínios desfeitos;

***AUMENTO BIODISPONIBILIDADE***

***(???)***



**ALTA PROBABILIDADE DE INTERAÇÕES INTER-MOLECULARES!!!**

# ESTRUTURA QUÍMICA

Desnaturação proteica:

## 1. Agentes físicos

I. Temperatura: **QUENTE** E **FRIO!!!**



**Coagulação**



**Precipitação**



II. Força mecânica (propriedades interfaciais)



**Formação  
de  
emulsão**



**Formação de  
espuma**

# ESTRUTURA QUÍMICA

Desnaturação proteica:

## 2. Agentes químicos

I. pHs extremos

II. Solventes orgânicos

III. Aditivos de baixo peso molecular

- “*Salting in*” (↑ *solubil*, ↑ *biodispon*) / “*Salting out*” (↓ *solubil*, ↓ *biodispon*)

IV. Detergentes (iônicos)

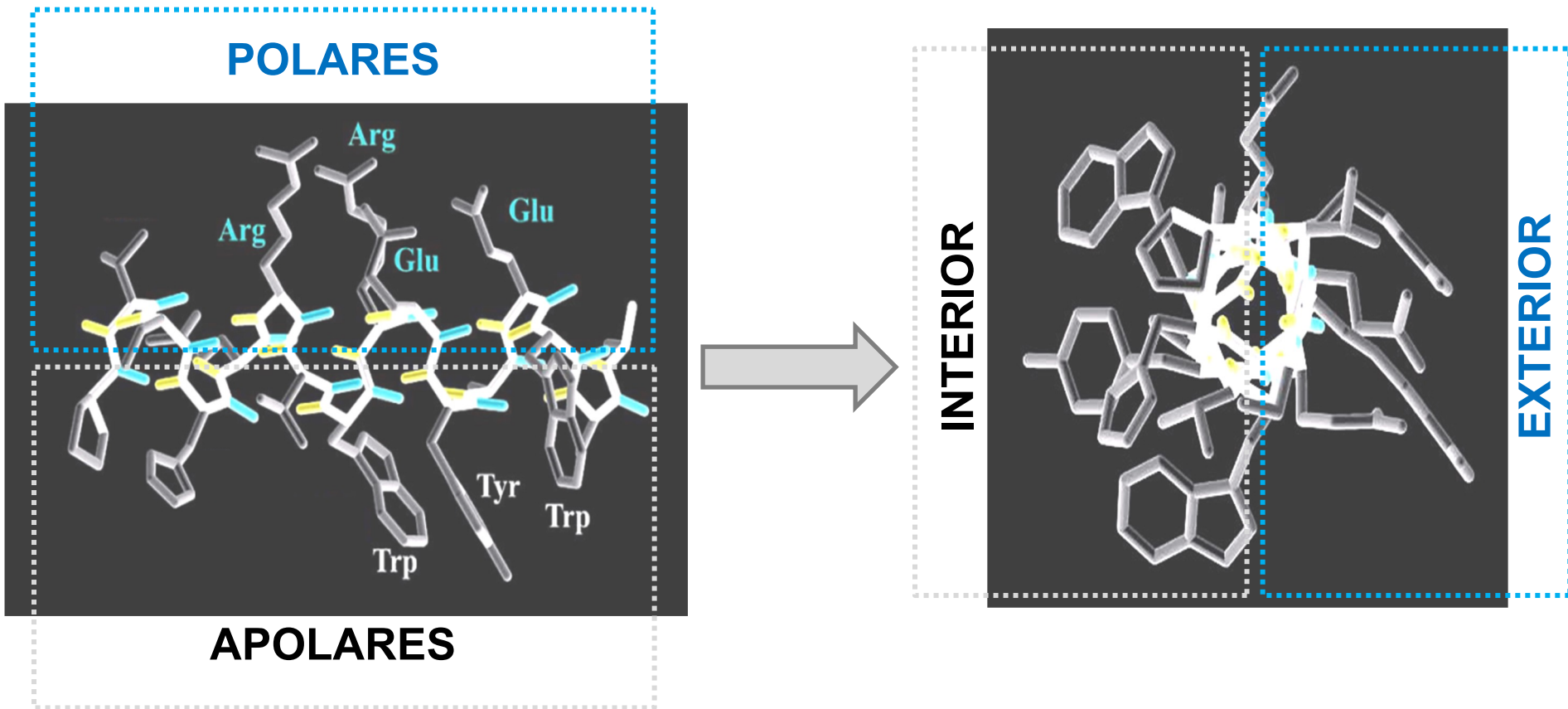


5- Quais os efeitos negativos e positivos da desnaturação proteica (parcial ou total) para a saúde humana?

6- Cite os principais mecanismos (físicos e químicos) em que as proteínas alimentares podem ser desnaturadas.

## 6 – PROPRIEDADES INTERFACIAIS:

- Proteínas são anfifílicas; interface polar-apolar produz película viscoelástica
- Não necessariamente relacionado à quantidade de resíduos hidrofóbicos
- Mas sim a distribuição desses resíduos na estrutura primária
- H<sub>2</sub>O solvente universal.....logo existe uma orientação no nível estrutural





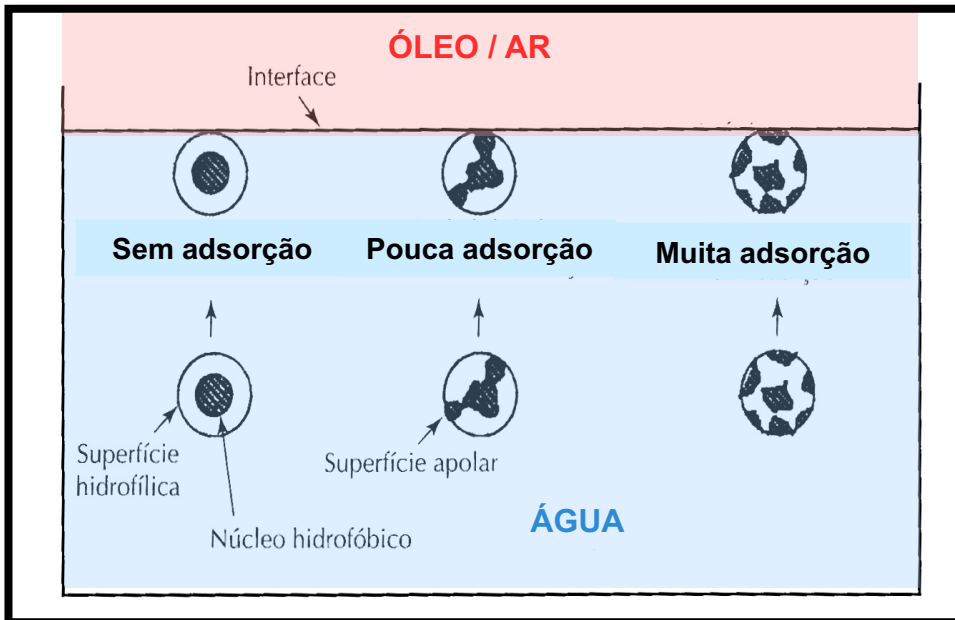
# PROPRIEDADES INTERFACIAIS → conformação da estrutura primária:

1. adsorver rapidamente à interface

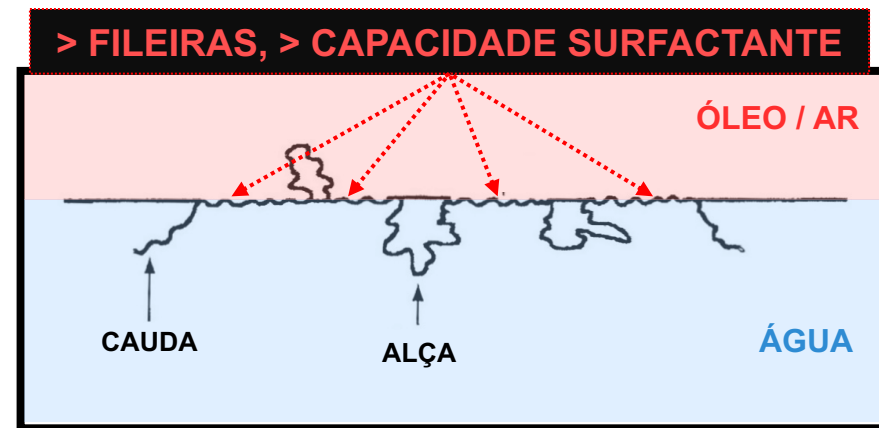
2. desdobrar e reorientar rapidamente à interface

3. interagir para formar película coesiva e viscoelástica

- Padrão de distribuição dos segmentos hidrofílicos e hidrofóbicos:



Damodaran, 2010



**MAIOR flexibilidade molecular**

**MAIOR capacidade surfactante**

7- Quais são os 3 atributos desejáveis para uma proteína alimentar ter uma capacidade surfactante?

# PROTEÍNAS DO OVO

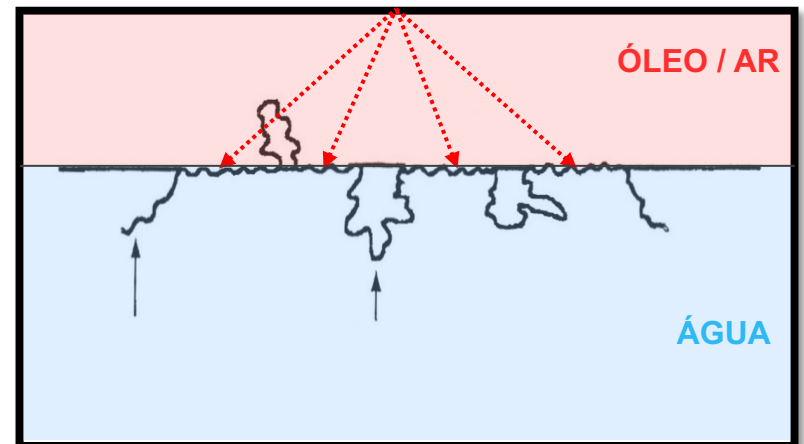
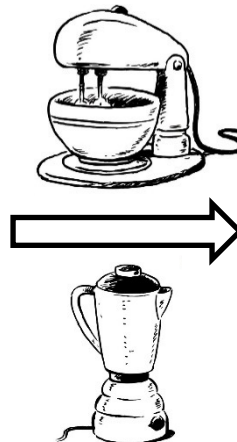
Proteínas solúveis em água – parcialmente solúveis em água

- Força mecânica??



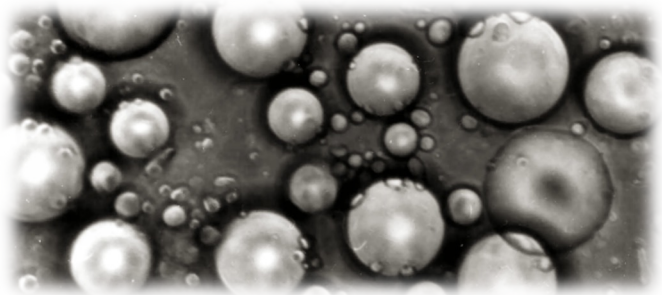
**Formação de emulsão**  
- Proteínas da clara e gema

**Formação de espuma**  
- Proteínas da clara



1) *PROPRIEDADES EMULSIFICANTES*: leites de vaca, soja e coco; manteigas e margarinas; maionese e molhos para saladas; salsichas e linguiças

Óleo em água



Água em óleo

## *1) PROPRIEDADES EMULSIFICANTES:*

### ***VÁRIOS FATORES ALTERAM A FORMAÇÃO DE EMULSÃO:***

-fatores intrínsecos (solubilidade, pH, força iônica, hidrofobicidade da superfície, surfactantes de ↓ peso molecular, temperatura)

-fatores extrínsecos (tipo de equipamento, taxas de entrada de energia e de cisalhamento)

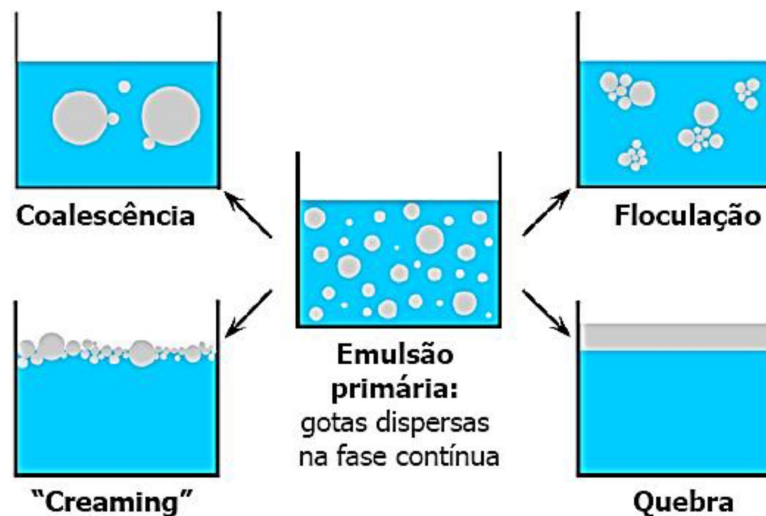
## PROPRIEDADES EMULSIFICANTES (fatores que influenciam):

- Alta solubilidade não é fator essencial, mas prot. insolúvel não forma boas emulsões;

- **pH e Solubilidade**: pH extremos → não resulta em emulsão satisfatória

1) **alta** solubilidade pl: formação de emulsão **MÁXIMA** nesse pH

*Porém: falta de carga repulsiva entre as partículas causa coalescência*



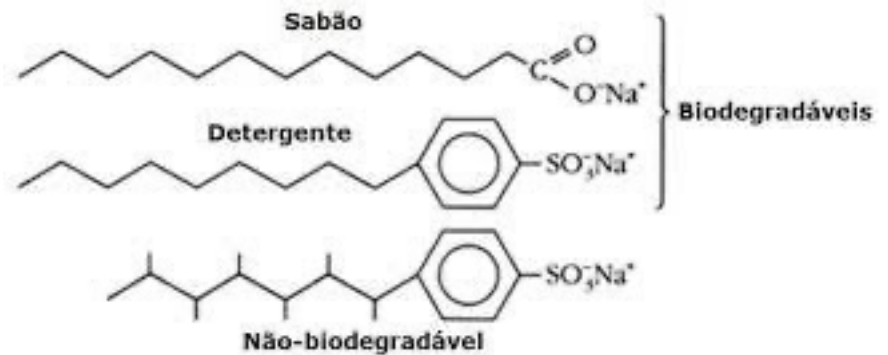
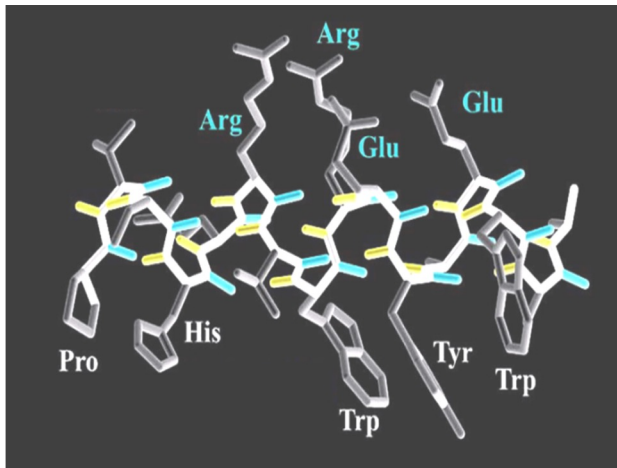


## PROPRIEDADES EMULSIFICANTES (fatores que influenciam):

2) baixa solubilidade pl: formação de emulsão **MÍNIMA** nesse pH

- Hidrofobicidade da superfície: maior capacidade emulsificante

- Surfactantes / lipídeos de baixo peso molecular: menor capacidade emulsificante



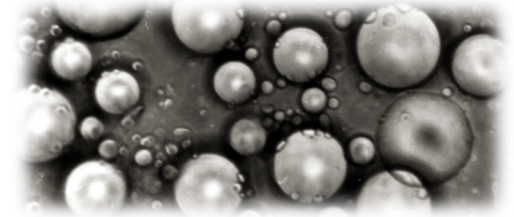
8. O que é uma emulsão?

9. Como que o ponto isoelétrico afeta a formação de emulsão de uma proteína?

10. Por que quanto maior a hidrofobicidade na superfície de uma proteína for, maior a capacidade emulsificante dela?

11. Por que detergentes e lipídeos alteram a capacidade emulsificante de uma proteína?

## PROPRIEDADES EMULSIFICANTES (*fatores que influenciam*):



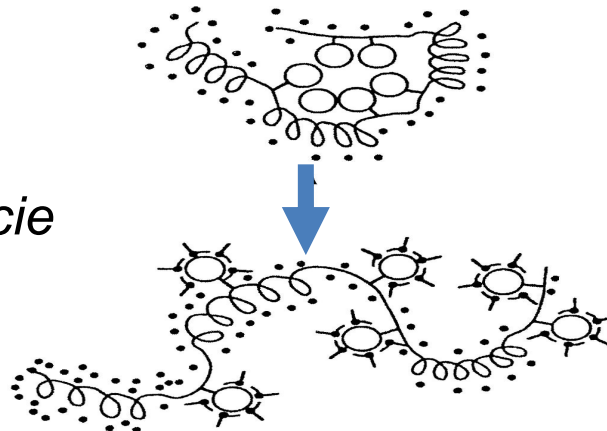
- **Sais**: *salted out* → menor emulsão; ***salted in*** → **maior emulsão** (***emulsões cárneas: por que?***)

- **Concentração proteína**: quanto maior for, maior consistência da emulsão

- **Desnaturação parcial** (solúvel) → maior capacidade emulsificante

- *flexibilidade molecular*

- *hidrofobicidade de superfície*



12. Como as diferentes concentrações de sais afetam as emulsões formadas pelas proteínas alimentares?

13. Por que, dificilmente, consegue-se reduzir o teor de sódio em embutidos como salsichas e mortadelas?

14. Por que a desnaturação parcial (e não completa) de proteínas alimentares pode elevar a capacidade emulsificante delas?

## 2) *PROPRIEDADES ESPUMANTES*: cremes, sorvetes, bolos, merengues, pães, suflês



- fatores intrínsecos / extrínsecos idênticos às emulsões
- volume, expansão e estabilização da espuma

2) *PROPRIEDADES ESPUMANTES*: cremes, sorvetes, bolos, merengues, pães, suflês

## ***VÁRIOS FATORES ALTERAM A FORMAÇÃO DE EMULSÃO:***

### **- pH e Solubilidade:**

1. **alta** solubilidade no pl; formação de espuma **MÁXIMA** nesse pH

2. **baixa** solubilidade no pl; formação de espuma **MÍNIMA** nesse pH

*- mas uma pequena quantidade de proteína solúvel já pode gerar espuma suficiente.....*

*- proteína insolúvel: pode estabilizar a espuma devido ao aumento da força coesiva na película*



## PROPRIEDADES ESPUMANTES:



- **Sais**: **salted out** → maior espuma; **salted in** → menor espuma
- **Açúcares**: baixa espumabilidade; alta estabilidade (suflês, meringues)
- **Lipídeos/Surfactantes**: → baixa espumabilidade; baixa estabilidade (contaminação gema de ovo nas claras em neve)
- **Concentração**: maior proteína; maior firmeza da espuma
- **Desnaturação parcial (solúvel)** → maior formação de espuma
- flexibilidade molecular
- hidrofobicidade de superfície

**EXTENSA  
desnaturação: RUIM!!**

15. O que é uma espuma?

16. Como que o ponto isoelétrico afeta a formação de espuma de uma proteína?

17. Por que quando se faz clara em neve separa-se a gema da clara e o açúcar é colocado depois de ter batido as claras?

18. Por que detergentes e lipídeos alteram a capacidade emulsificante de uma proteína?

19. Por que a desnaturação parcial (e não completa) de proteínas alimentares pode elevar a capacidade espumante delas?

# PROPRIEDADES ESPUMANTES:

## - Propriedades moleculares:

1. Adsorver com rapidez na interface
2. Desdobrar e rearranjar rapidamente na interface
3. Formar película coesiva viscosa

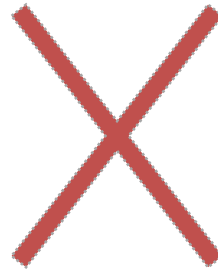
**I. FLEXIBILIDADE MOLECULAR**

**II. DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE CARGA**

**III. HIDROFOBICIDADE**

**ESPUMABILIDADE**

taxa de adsorção  
flexibilidade  
hidrofobicidade



**ESTABILIDADE**

hidratação  
espessura  
concentração  
interações

- Sistemas alimentares: constituídos por uma série de proteínas
- Somatória dos efeitos de todas as proteínas
- Clara do ovo: soma dos efeitos da
  - ovoalbumina
  - conalbumina
  - lisozima



# REFERÊNCIAS

- BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Food Chemistry. 4.ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- COULTATE, T. P. Alimentos: a química de seus componentes. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- DAMODARAN, S., PARKIN, K.L. & FENNEMA, O.W. – Fennema's Food Chemistry, CRC Press, 2017. 1123p.
- DEMAN, J. M. Principles of Food Chemistry. [4 th ed] : Springer US, 2018.
- LAJOLO F.M., MERCADANTE A. Química e Bioquímica Dos Alimentos, Volume 2, Editora ATHENEU, 432 p., 2017;
- ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1.