



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental



FBA – 0201
Bromatologia

PROTEÍNAS NOS ALIMENTOS

Prof. Dr. João Paulo Fabi

Setembro 2018

PROTEÍNAS

PROTEÍNAS ALIMENTARES:

1. fácil digestão
2. não são tóxicas
3. adequadas no aspecto nutricional
4. utilizadas em produtos alimentícios
5. abundantes na agropecuária



•PROPRIEDADES:

- **Tecnológicas**
- **Nutricionais**

PROCESSAMENTO

Custo-Benefício:
Ingestão X Aproveitamento

PROPRIEDADES NUTRICIONAIS

AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS E NÃO-ESSENCIAIS

- Vegetais sintetizam os 20 (21) aminoácidos necessários para a produção de suas proteínas
- Animais não sintetizam todos eles, sendo que alguns devem ser ingeridos com o alimento.

Aminoácido (mg/g prot)	Ovo	Leite	Carne	Trigo	Arroz	Milho	Soja
<i>His</i>	22	27	34	21	21	27	30
<i>Ile</i>	54	47	48	34	40	34	51
<i>Leu</i>	86	95	81	69	77	127	82
<i>Lys</i>	70	78	89	23	34	25	68
<i>Met+Cys</i>	57	33	40	36	49	41	33
<i>Phe+Tyr</i>	93	102	80	77	94	85	95
<i>Thr</i>	47	44	46	28	34	32	41
<i>Trp</i>	17	14	12	10	11	6	14
<i>Val</i>	66	64	50	38	54	45	52

Por que?



AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS E NÃO-ESSENCIAIS

AMINOÁCIDOS LIMITANTES

- o corpo humano só vai absorver os outros aminoácidos na proporção em que o aminoácido de menor quantidade for utilizado para anabolismo (ex. **LISINA**)

Cereais (arroz, trigo, milho): - Lisina +++ Metionina

Leguminosas (feijão, soja): +++ Lisina - Metionina



Aminoácido (mg/g prot)	Ovo	Leite	Carne	Trigo	Arroz	Milho	Soja
<i>His</i>	22	27	34	21	21	27	30
<i>Ile</i>	54	47	48	34	40	34	51
<i>Leu</i>	86	95	81	69	77	127	82
<i>Lys</i>	70	78	89	23	34	25	68
<i>Met+Cys</i>	57	33	40	36	49	41	33
<i>Phe+Tyr</i>	93	102	80	77	94	85	95
<i>Thr</i>	47	44	46	28	34	32	41
<i>Trp</i>	17	14	12	10	11	6	14
<i>Val</i>	66	64	50	38	54	45	52

PORTANTO.....

Qualidade nutricional das proteínas:

1. Quantidade de aminoácidos essenciais
2. Digestibilidade proteica (biodisponibilidade)

DIGESTIBILIDADE / BIODISPONIBILIDADE

➤ Proporção de **NITROGÊNIO** que será absorvido após a digestão

↑ **PROTEÍNAS ANIMAIS** X ↓ **PROTEÍNAS VEGETAIS**

- 1. Solubilidade*
- 2. Estrutura química*
- 3. Fatores antinutricionais*
- 4. Modificações químicas dos aminoácidos*

PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS

- Atributos sensoriais dos alimentos:

Ex. bolo da vovó

- ✓ *formação de gel*
- ✓ *formação de espuma*
- ✓ *formação de emulsão*
- ✓ *formação de massa*



PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS

- 1. HIDRATAÇÃO**
- 2. SOLUBILIDADE**
- 3. PROPRIEDADES INTERFACIAIS**
- 4. GELEIFICAÇÃO E COAGULAÇÃO**
- 5. TEXTURIZAÇÃO**
- 6. FORMAÇÃO DE MASSAS**

HIDRATAÇÃO PROTEICA

- composição de aminoácido
- maior radicais hidrofílicos (*especialmente os carregados*), maior hidratação

Resíduo de aminoácido	Hidratação (mol de H ₂ O/mol de resíduo)	Resíduo de aminoácido	Hidratação (mol de H ₂ O/mol de resíduo)	Resíduo de aminoácido	Hidratação (mol de H ₂ O/mol de resíduo)
Polar		Iônico		Apolar	
Asn	2	Asp ⁻	6	Ala	1
Gln	2	Glu ⁻	7	Gly	1
Pro	3	Tyr ⁻	7	Phe	0
Ser, The	2	Arg ⁺	3	Val, Ile,	1
Trp	2	His ⁺	4	Leu, Met	1
Asp (n.i.)	2	Lys ⁺	4		
Glu (n.i.)	2				
Tyr	3				
Arg (n.i.)	3				
Lys (n.i.)	4				

Solubilidade

Estabilidade termodinâmica das interações proteína-proteína e proteína-solvente:

-RESTRIÇÃO ESTÉRICA

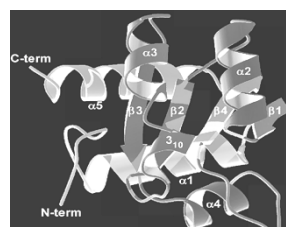
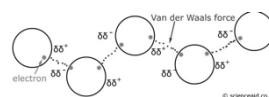
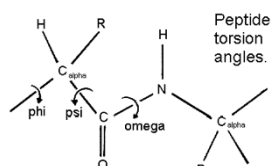
-VAN DER WAALS

-ligações de HIDROGÊNIO

-INTERAÇÕES ELETROSTÁTICAS

-pontes DISSULFETO

-INTERAÇÕES HIDROFÓBICAS



SOLUBILIDADE:

Equilíbrio entre interações proteína-proteína e proteína-solvente

Proteína-proteína: interações hidrofóbicas

Proteína-solvente: interações iônicas

MENOS RESÍDUOS HIDROFÓBICOS NA SUPERFÍCIE, MAIOR SOLUBILIDADE

1) **Albuminas** - solúveis em água pH 6,6

Albumina sérica, ovoalbumina, α -lactoalbumina

2) **Globulinas** - solúveis em solução salina pH 7

Glicinina, faseolina, β -lactoglobulina

3) **Glutelinas** - solúveis em pH extremos (2 ou 12)

Glutelinas do trigo

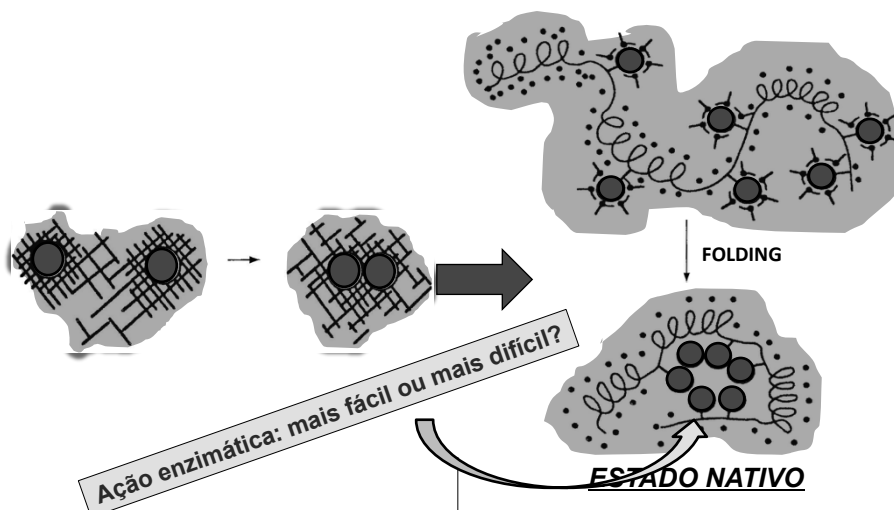
4) **Prolaminas** - solúveis em etanol 70%

Zeína e gliadinas; são extremamente hidrofóbicas

HIDROFOBICIDADE

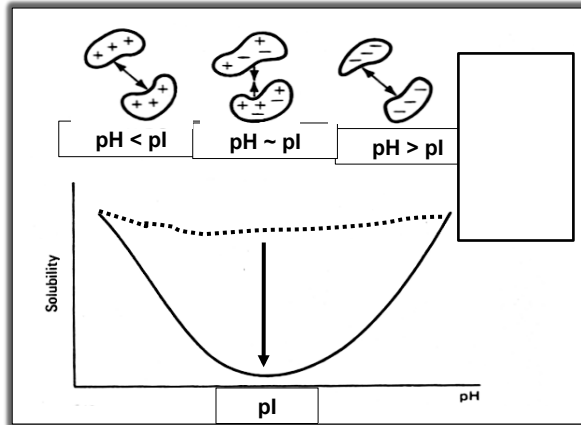
+

Solubilidade X Estrutura química



SOLUBILIDADE:

- *Influência do pH:* maior solubilidade em $\text{pH} < \text{pI}$ / $\text{pH} > \text{pI}$
 - no pI de proteínas + hidrofóbicas: interações hidrofóbicas + interações iônicas
 - maior interação "inter-molecular" → AGREGAÇÃO → **PRECIPITAÇÃO**



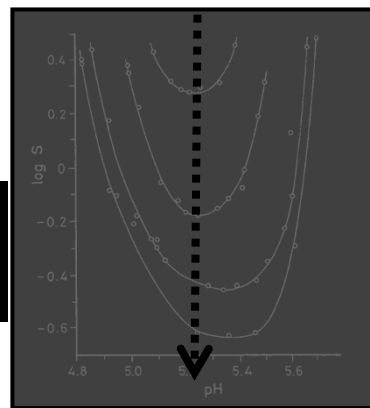
- Proteínas com resíduos polares superfície > apolares, mais solúveis no pI:
 α -LACTOALBUMINA / ALBUMINA SÉRICA

SOLUBILIDADE:

- *Influência da força iônica:* sais estabilizam / desestabilizam as proteínas
 ↑ SOLUBILIDADE (SALTING IN) / ↓ SOLUBILIDADE (SALTING OUT)
 $\text{SCN}^- > \text{ClO}_4^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$
 $\text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Cs}^+ < \text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$
Série de Hofmeister

GLOBULINAS

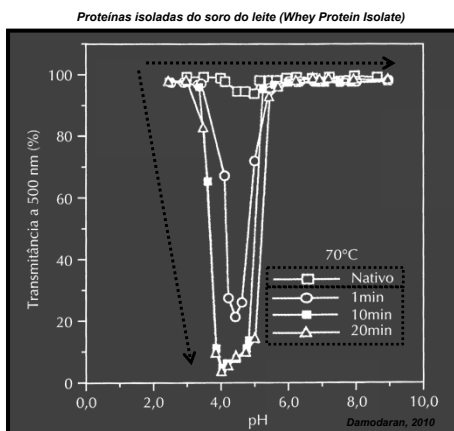
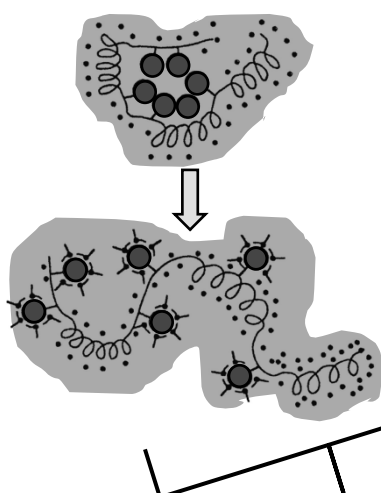
Pouco solúveis no pI
 sais ↑ solubilidade
 "SALTING IN"

**ALBUMINAS**

Muito solúveis no pI
 sais ↓ solubilidade
 "SALTING OUT"

SOLUBILIDADE:• *Influência da temperatura:*→ **pH / forças iônicas constantes**

- ↑ temperatura (0-40°C)
 - ↑ *solubilidade (a) polares*
- > 40°C
 - desdobramento/desnaturação
 - ↓ **SOLUBILIDADE**

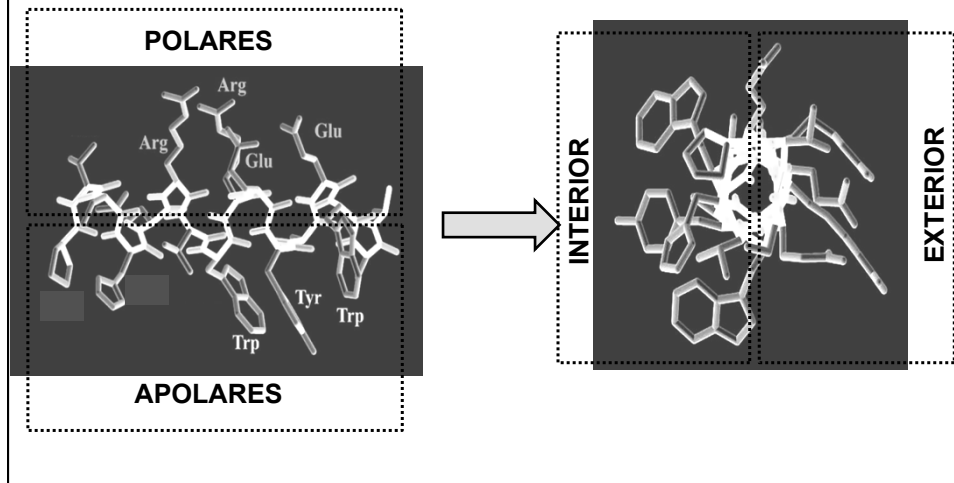
**ESTRUTURA QUÍMICA****DESNATURAÇÃO PROTEICA**

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

AUMENTO BIODISPONIBILIDADE**(???)****ALTA PROBABILIDADE DE INTERAÇÕES INTER-MOLECULARES!!!**

PROPRIEDADES INTERFACIAIS:

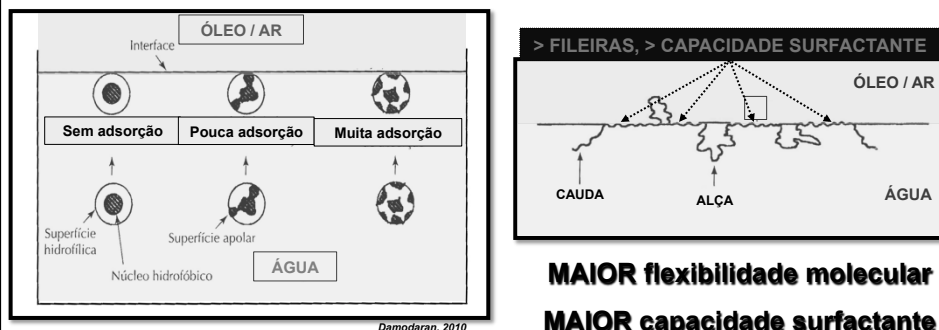
- Proteínas são anfifílicas; interface polar-apolar produz película viscoelástica
- H₂O solvente universal.....logo existe uma orientação no nível estrutural



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:



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



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):

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

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

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

- **Hidrofobicidade da superfície:** maior capacidade emulsificante

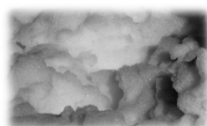
- **Desnaturação parcial** (solúvel) → maior capacidade emulsificante

- *flexibilidade molecular*

- *hidrofobicidade de superfície*

- **Surfactantes de baixo peso molecular:** menor capacidade emulsificante

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



- fatores intrínsecos / extrínsecos idênticos às emulsões

- volume, expansão e estabilização da espuma

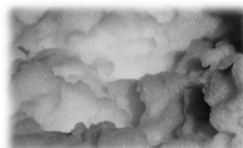
PROPRIEDADES ESPUMANTES: cremes, sorvetes, bolos, merengues, pães, suflês

VÁRIOS FATORES ALTERAM A FORMAÇÃO DE EMULSÃO:

- pH e Solubilidade:

1. maior solubilidade = pl; formação de espuma **MÁXIMA** nesse pH
2. maior solubilidade $\neq$ 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 INTERFACIAIS:



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

PROTEÍNAS DO OVO

Proteínas solúveis em água – parcialmente solúveis em água (quais?)

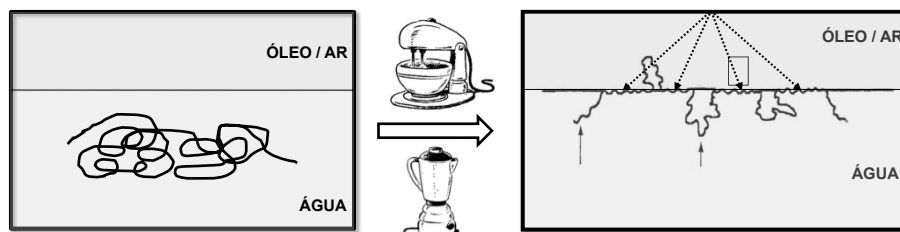
- Força mecânica??



Formação de espuma
- Proteínas da clara



Formação de emulsão
- Proteínas da clara e gema



PROPRIEDADES INTERFACIAIS:

- 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 das proteínas (quais?)

GELIFICAÇÃO E COAGULAÇÃO:

- 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
 - **RESFRIAMENTO**: interação dos grupos expostos
 - 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) GEIS TRANSLÚCIDOS:

- poucos resíduos hidrofóbicos - formação + lenta
- resfriamento (ordenação das ligações de H)
- geis 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



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



FORMAÇÃO DE MASSA:

- Farinha de trigo + água + força mecânica → massa viscoelástica

- Fração amido → propriedades de intumescimento



- Fração proteica insolúvel: **GLUTÉN**

- mistura heterogênea de proteínas:
 - **gliadinas** e **glutelinas**: aprisionar o gás durante a fermentação da massa

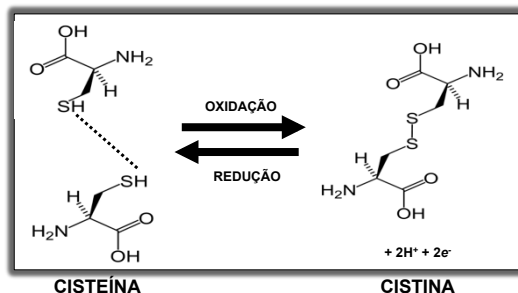


Proteínas do Trigo

GLÚTEN: 30% aminoácidos hidrofóbicos

< 10% aminoácidos hidrofílicos

1-3 mol% de Cys - Cistina



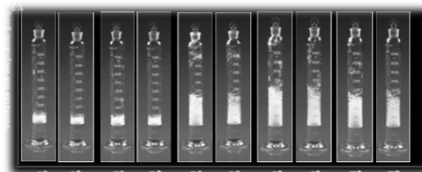
Massa do pão:

- resíduos hidrofóbicos (ar - lipídeos)
- resíduos hidrofílicos (coesão-adesão)
- sulfidril-dissulfeto → polimerização → cavidades de ar
 - agentes oxidantes, ↑ elasticidade (iodatos e bromatos – PROIBIDOS!!!)

ATIVIDADE PRÁTICA

• Visualização de propriedades interfaciais das proteínas da clara do ovo:

- Formação de espuma em diferentes condições
- Discutir:
 - Influência dos tratamentos ou componentes alimentares na formação e duração da espuma;
 - Influência dos diferentes tipos de proteínas existentes na clara do ovo;
 - Aplicação prática.



REFERÊNCIAS

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1.

FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

DE MAN, J.M. **Principles of Food Chemistry**. 3.ed. Gaithersburg, Maryland, 1999.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4.ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.