



Bioquímica dos Alimentos

**ALTERAÇÕES MICROBIANAS E
DETERIORAÇÃO NOS ALIMENTOS
PROVOCADAS POR MICRORGANISMOS**

Prof. M.Sc. Yuri Albuquerque



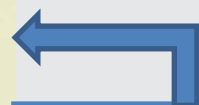
UNISAOMIGUEL





UNISÃO MIGUEL

PERECIBILIDADE



Não perecíveis
Baixa Aw

Perecíveis
Alta Aw
pH favorável



PRINCIPAIS CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DE ALIMENTOS

Crescimento e atividade de microrganismos

Ação de enzimas presentes nos alimentos

Reações químicas não enzimáticas

Alterações provocadas por insetos e roedores

Mudanças físicas



CARACTERÍSTICAS DA DETERIORAÇÃO

- **Microbiológica**

- Riqueza em nutrientes, elevada A_w , pH propício
- Principais alterações sensoriais: liberação de odores desagradáveis, limosidade, produção de ácidos
- Modificações físico-químicas: precipitação proteica



PRINCIPAIS MICRORGANISMOS DETERIORANTES

Gram-negativos

- *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Streptococcus*, enterobactérias
- Produtos lácteos, carnes (vermelha, frango e peixes) e ovos
- Alta Aw, pH neutro

Gram-positivos não formadores de endosporos

- Ácido-láticas, *Acetobacter*
- Carnes (embaladas em atmosfera modificada), bebidas

Gram-positivos formadores de endosporos

- *Bacillus*, *Clostridium*
- Alimentos processados termicamente (*B. cereus* e *B. subtilis* sobrevivem à pasteurização do leite), carnes, enlatados

Fungos e leveduras

- *Penicillium* e *Aspergillus* (mofo verde), *Rhizopus nigricans* (mofo preto do pão)
- Mais tolerantes a baixas Aw e pH ácido do que as bactérias
- Vegetais (enzimas pectinolíticas) e produtos de panificação, geleias, xaropes



CARACTERÍSTICAS DA DETERIORAÇÃO

- **Enzimática**

- Presença de enzimas autolíticas

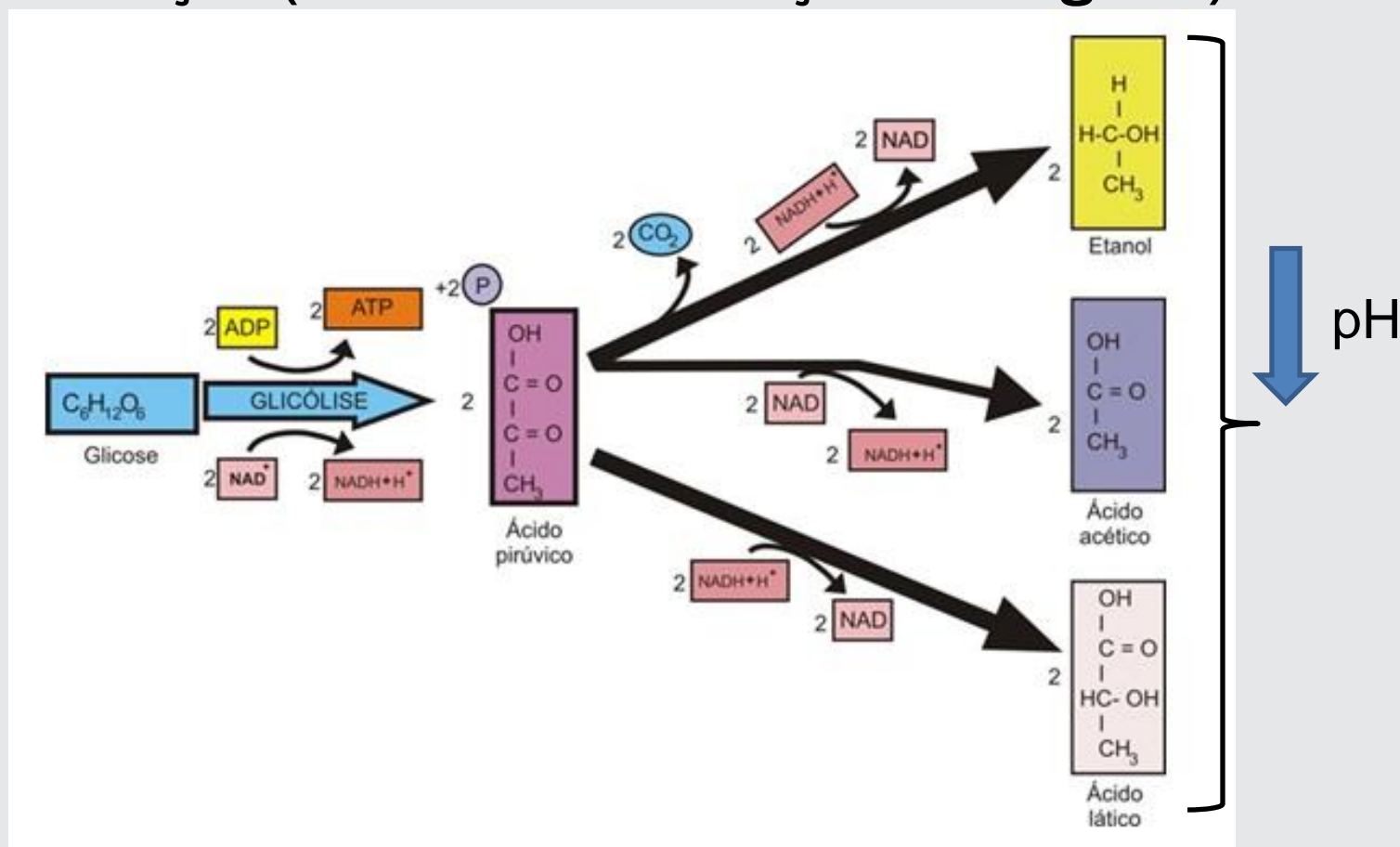
- **Física**

- Temperaturas elevadas: favorecem reações prejudiciais (escurecimento não enzimático, precipitação proteica)
- Luz solar: auto-oxidação lipídica, descoloração



CARBOIDRATOS

- Metabolismo oxidativo (com oxigênio)
- Fermentação (ausência ou restrição de oxigênio)





- **Fermentação láctica**

- Vias de fermentação

- Homofermentativa ou homoláctica

- Usam a via glicolítica para produção de piruvato e ácido láctico
 - Fosfoacetolase negativos
 - Maior ou apenas produção de ácido láctico
 - Bactérias lácticas: *Streptococcus*, cepas de *Lactobacillus*



- **Fermentação láctica**

- Vias de fermentação

- Heterofermentativa ou heteroláctica

- Usam a via das pentoses

- Fosfoacetolases positivos

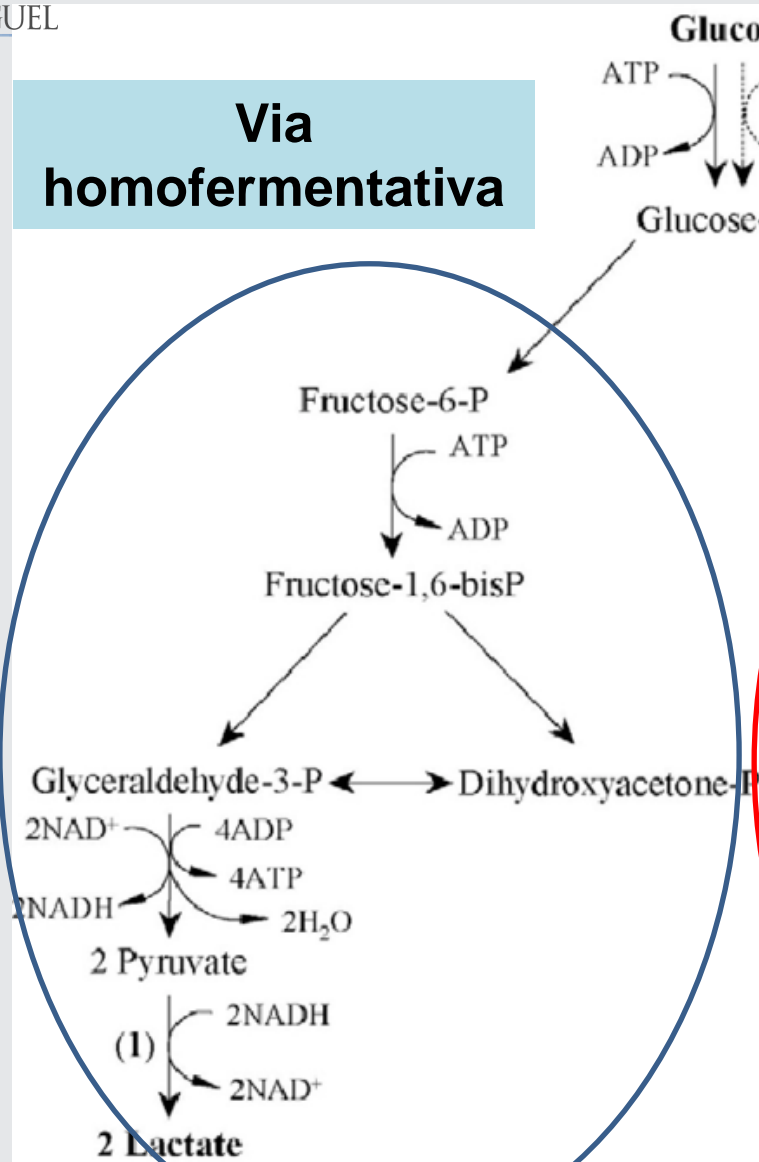
- Igual proporção de ácido láctico e outros metabólitos fermentativos (CO₂, diacetil...) geralmente aromatizantes

- *Leuconostoc*, cepas de *Lactobacillus*

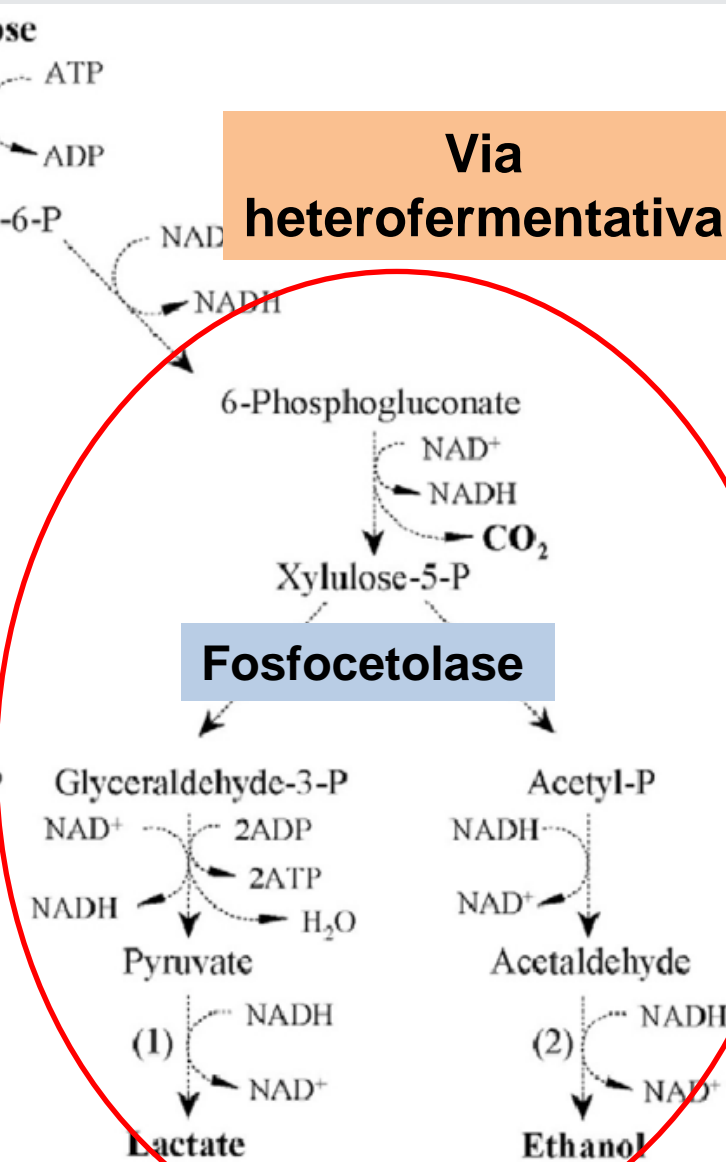


VIAS BIOQUÍMICAS DAS FERMENTAÇÕES

Via homofermentativa



Via heterofermentativa





- **Fermentação alcoólica**

- Leveduras (*Saccharomyces*), *Zymomonas* sp.
- Produção de bebidas alcoólicas fermentadas (cerveja, vinho),
deterioração de alimentos (frutas, molhos...)

- **Fermentação mista ou fórmica**

- Produção de ácido láctico, acético, succínico, fórmico, propiônico
→ sabor ácido ao alimento
- Enterobacteriaceae (*Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*)

- **Fermentação butanodioica**
 - Produção de 2,3 butilenoglicol
 - *Enterobacter, Bacillus*
- **Fermentação butírica**
 - Produção de ácido butírico (odor pútrido)
 - Anaerobiose estrita
 - *Clostridium*

- **Fermentação propiônica**
 - Produção de ácido propiônico
 - Formação do queijo suíço, contribuindo para o aroma e sabor
(CO₂ se expande e forma os orifícios no queijo)
 - *Propionibacterium*





PROTEÍNAS

- Proteólise anaeróbica por *Clostridium*
- Liberação de enzimas proteolíticas (extracelulares)
- Peptídeos produzidos conferem sabor amargo ao alimento
- **Putrefação**
 - Deterioração proteica
 - Síntese de moléculas que alteram a textura (amolecimento) e aroma do alimento
 - Aumento do pH do alimento



DEGRADAÇÃO DE AMINOÁCIDOS

**AA com enxofre
(cisteína ou
metionina)**



**H₂S (odor ovo
podre) e
mercaptanas**

Triptofano



Indol

Lisina



Cadaverina

**Ornitina e
Arginina**



Putrescina

Maioria dos AA



NH₃



- **Reações envolvidas na putrefação**
 - Desaminação oxidativa ou redutora
 - Produção de amônia e α -cetoácidos (ácido fórmico, acético, propiônico, butírico), usados como fonte de energia para os microrganismos
 - Anaeróbicos restritos



- Reações envolvidas na putrefação
 - Desaminação oxidativa e redutora (reação de Stickland)
 - Desaminação oxidativa da alanina + desaminação redutora de glicina, prolina ou hidroxiprolina
 - Produtos – ácido acético, CO_2 e NH_3
 - Exclusiva de *Clostridium*



- **Reações envolvidas na putrefação**

- Descarboxilação anaeróbica

- Histidina → histamina
 - Lisina → cadaverina
 - Ornitina e arginina → putrescina

- Produção de H₂S

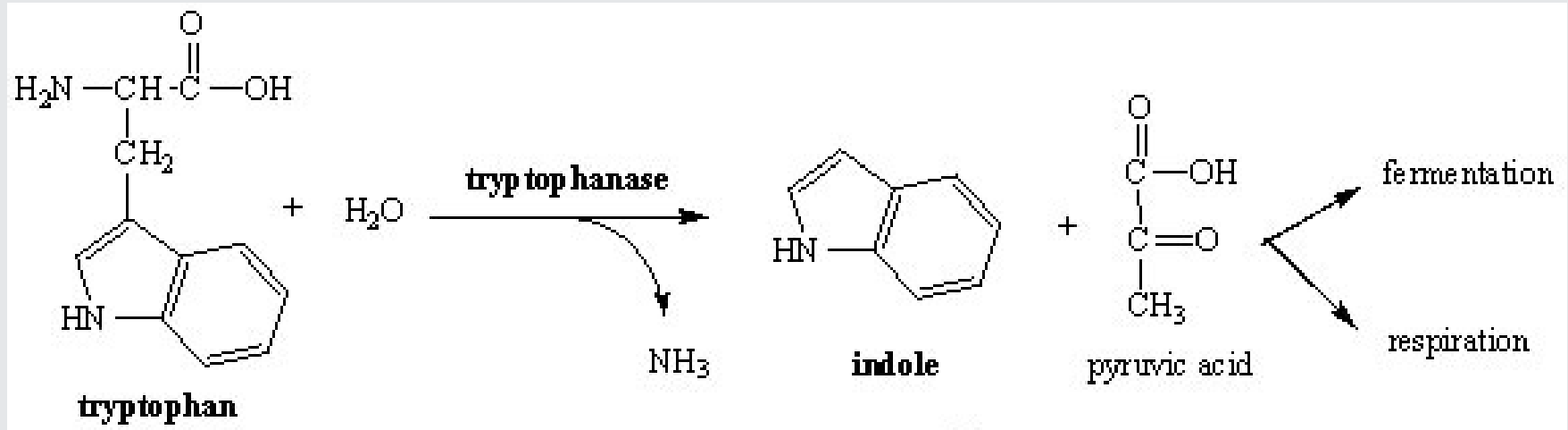
- A partir de aminoácidos com enxofre (metionina e cisteína)
 - Deterioração de alimentos enlatados ou envasados



- Reações envolvidas na putrefação

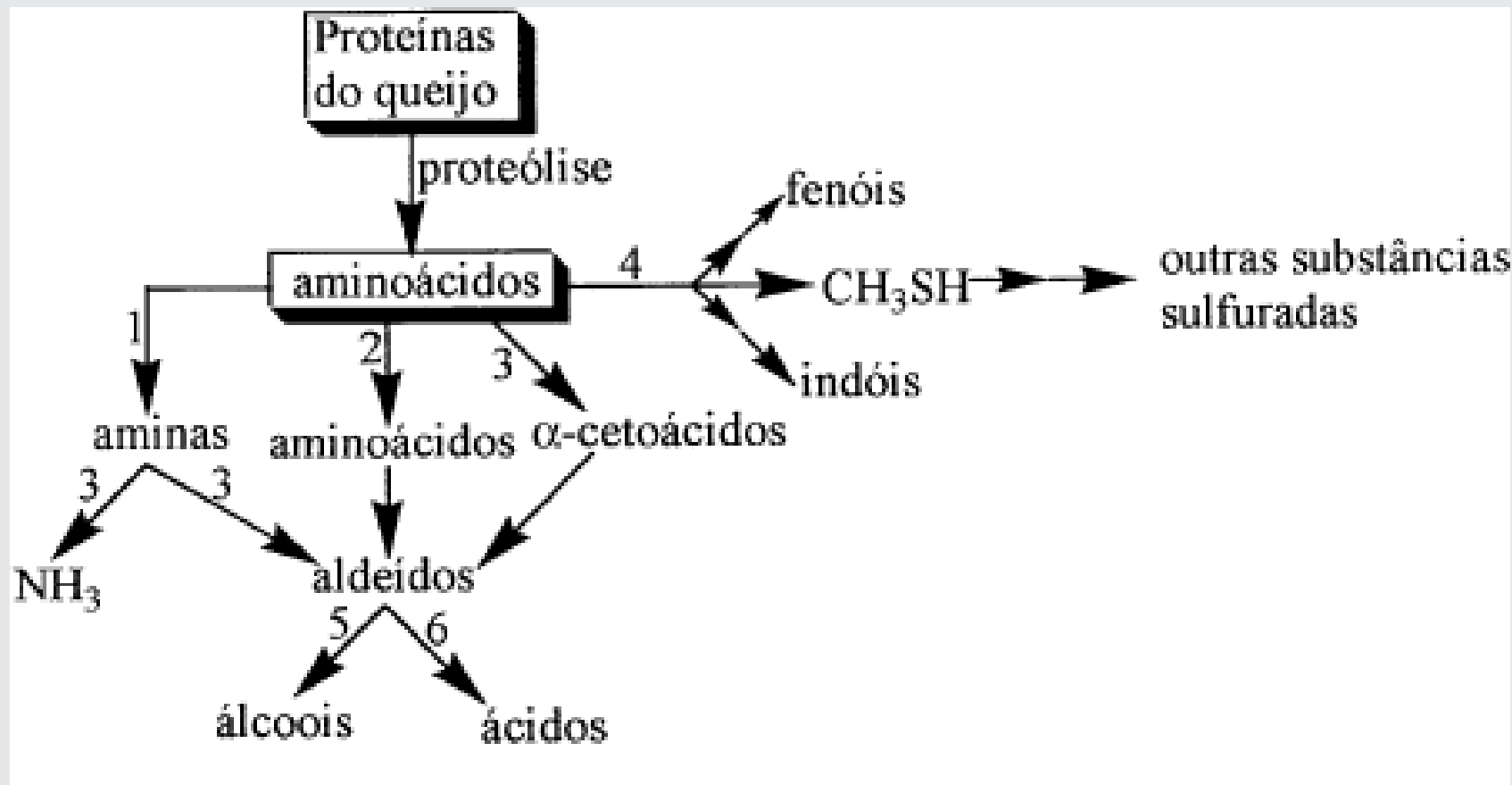
- Decomposição do radical do aminoácido

- Triptofano → indol + piruvato





DEGRADAÇÃO DE PROTEÍNAS





Produção de aminas tóxicas



Peixe
(atum, bonito, arenque, anchova)



Histidina abundante



MO que produzem enzima histidina descarboxilase



Condições de tempo e temperatura



HISTAMINA

Reações ocorrem em peixes não frescos
Histamina – vasodilatadora, reações alérgicas



UNISÃO MIGUEL

LIPÍDEOS

- Reações de rancificação hidrolítica

- *Pseudomonas*, *Penicillium*, *Candida* (lipolíticos)

Triglicerídeos

Lipase



Ácidos graxos de
cadeia curta

Degradação
oxidativa pela ação
de peróxidos



Ácidos e aldeídos
com odores
estranhos





DETERIORAÇÃO DE CARNES

Alimento	Alteração	Características
Carnes, aves, pescados e embutidos	Esverdeamento (pigmento fluorescente esverdeado)	Provocado por bactéria que se desenvolve na superfície do produto, geralmente alterando o odor.
	“Mela” ou “slime” (viscosidade)	Desenvolvimento microbiano superficial geralmente em peças fatiadas provoca odor desagradável.
	Emboloramento	Ocorre em superfícies de alimentos tais como bacon, mortadela, enlatados armazenados sob refrigeração na própria lata.
	Mudança de textura	Ação de micro-organismo (ação das enzimas do próprio alimento).
	Acidificação	Bactérias láticas no produto (embutidos) causando estufamento devido à produção de gás.
	Vermelhão	Em carnes e pescados devido à presença de bactérias na superfície podendo ocasionar odor estranho.



PRODUÇÃO DE LIMOSIDADE

- *Leuconostoc*, *E. coli*, *B. subtilis*, *Pseudomonas*, bolores
- Sacarose, maltose → produção de amiloses e dextranas, criando um limo sobre os alimentos sólidos, leite...





ALTERAÇÃO DE COR

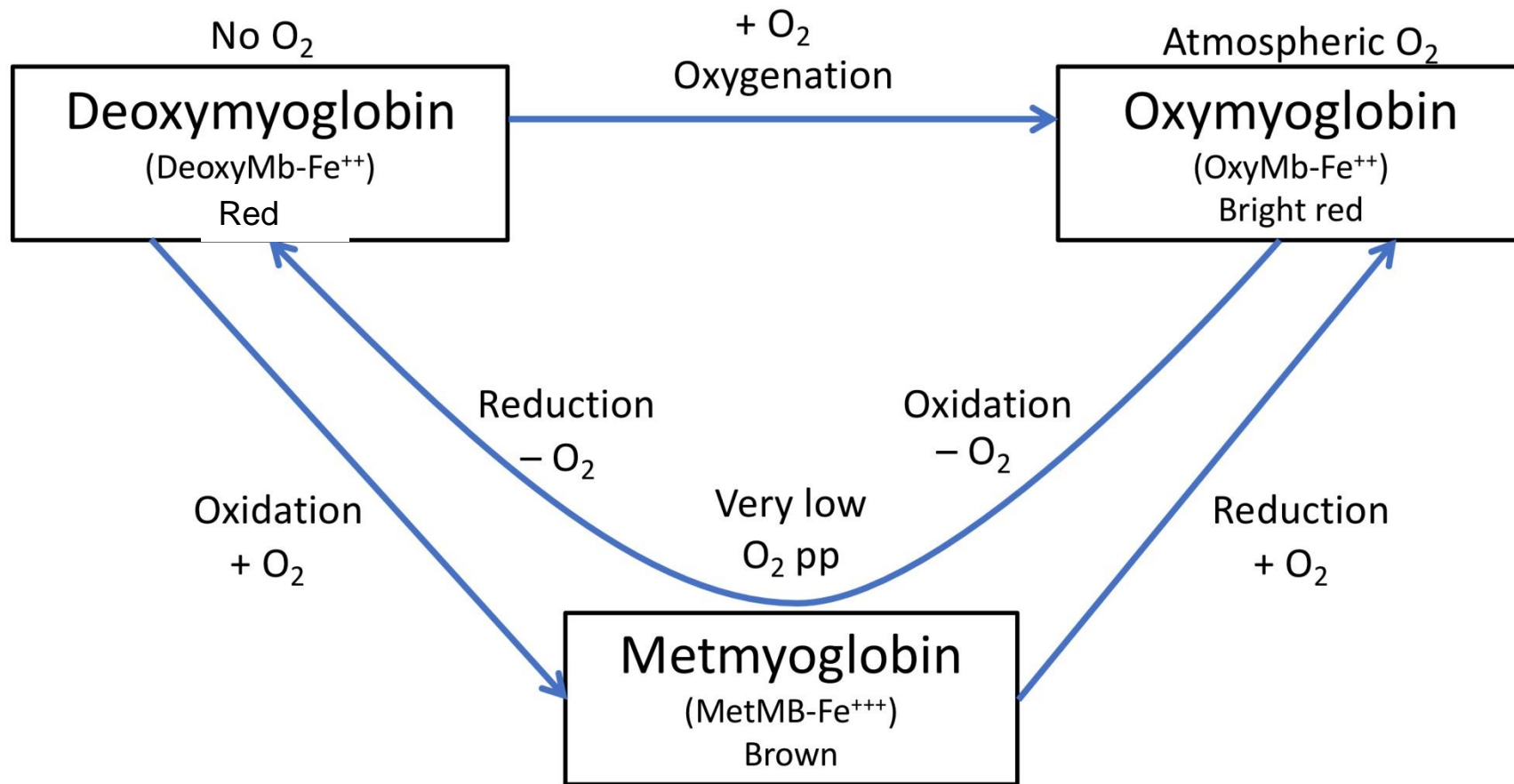
- **Esverdeamento em carnes**

- Pela produção de H_2O_2

- Alimentos embalados a vácuo em contato com o ar
 - O H_2O_2 produzido reage com o grupo heme da mioglobina (vermelho) e forma uma porfirina oxidada esverdeada (metamioglobina)
 - *Lactobacillus, Enterococcus, Leuconostoc*

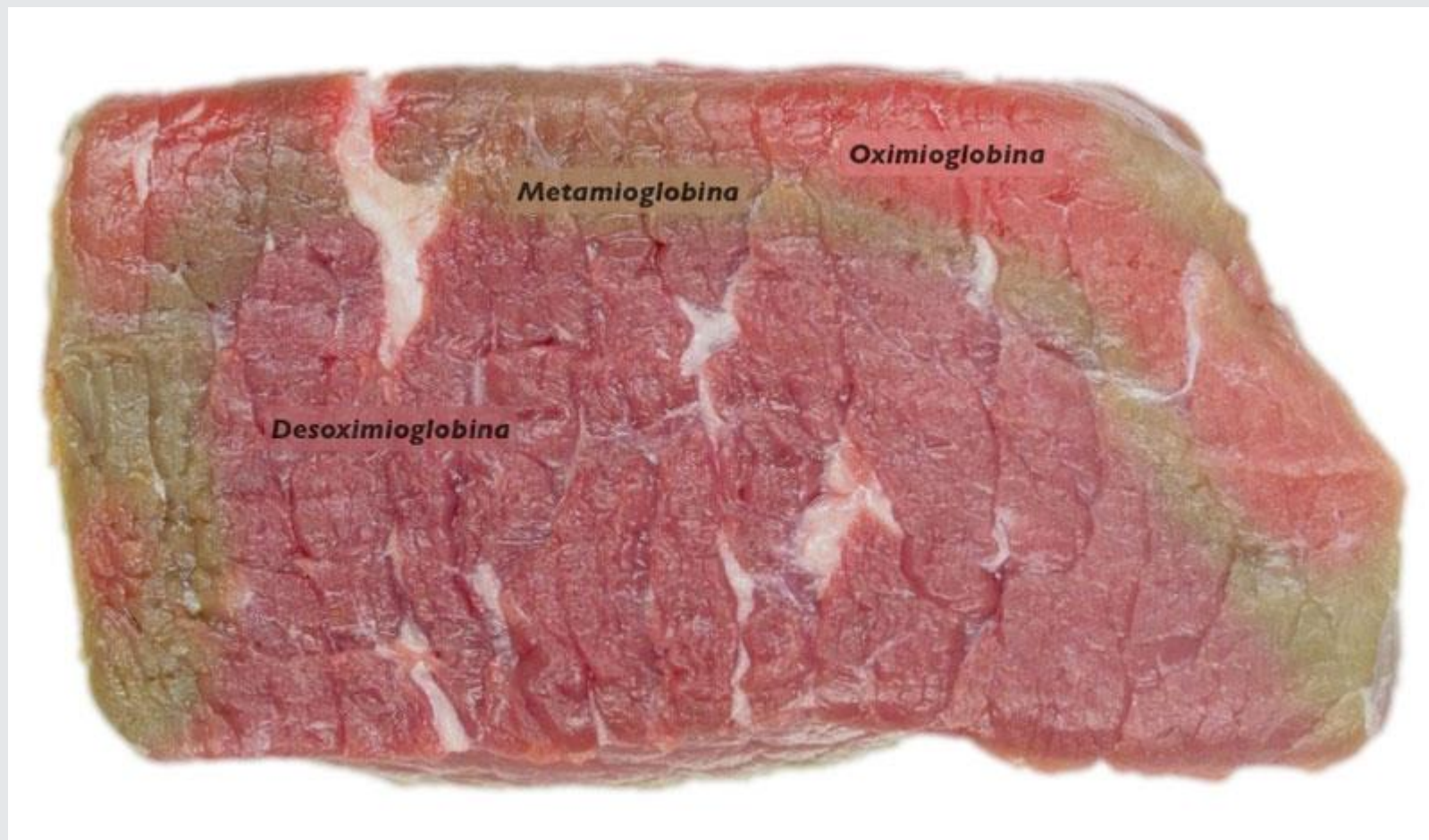


ESVERDEAMENTO DA CARNE





ESVERDEAMENTO DA CARNE





ALTERAÇÃO DE COR

- **Esverdeamento em carnes**

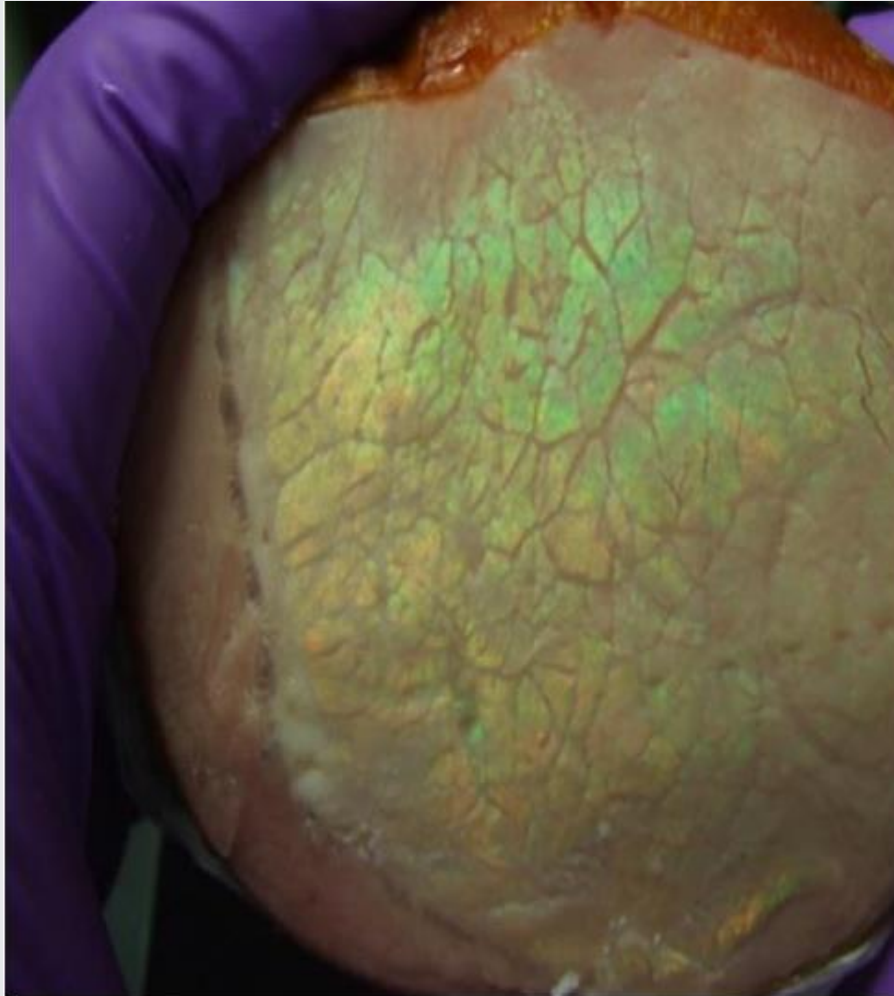
- Pela produção de H_2S

- Alimentos embalados a vácuo (sem contato com o ar) e refrigerados
 - O H_2S produzido reage com o grupo heme da mioglobina (vermelho) e forma a sulfomioglobina (verde)
 - *Lactobacillus*, *Pseudomonas*



UNISÃO MIGUEL

ESVERDEAMENTO DA CARNE





UNISÃO MIGUEL

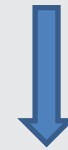
DETERIORAÇÃO DE CARNES



$\text{pH} \approx 5,6$



$\text{pH} \approx 6,2-6,5$



Deterioração mais
rápida



DETERIORAÇÃO DE ALIMENTOS ENLATADOS

Alimento	Alteração	Características
Produtos Apertizados (latas/vidros/tetrapack)	Estufamento	Presença de gás, pois houve desenvolvimento de bactérias.
	Acidificação ("flat-sour")	Formação de ácido sem a formação de gás, tornando o produto mais ácido (picante). Alteração no aspecto e turvação dos líquidos.
	Emboloramento ou formação de películas	Ocorre após abertura do produto mesmo quando mantidos sob refrigeração, indicando entrada de ar no produto. As películas são formadas por leveduras e bactérias.



DETERIORAÇÃO DE ALIMENTOS ENLATADOS

Tipo de deterioração	Microrganismo responsável	Aparência da lata	Conteúdo da lata	Principais alimentos
Acidez plana	<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Não intumescida (sem produção de gás)	Aparência normal, pH muito ácido, azedo	Amidos, açúcares estocados em altas temperaturas
Anaeróbica termofílica	Espécies termofílicas de <i>Clostridium</i>	Intumescida (produção de gases)	Fermentado, azedo, aspecto de queijo	Enlatados de baixa acidez, estocados em altas temperaturas
Anaeróbica putrefativa	<i>Clostridium</i>	Intumescida (produção de gases)	Alimento parcialmente digerido, pH ligeiramente acima do normal, odor pútrido	Produtos cárneos, extratos de tomate estocados em altas temperaturas



UNISÃO MIGUEL

DETERIORAÇÃO DE PRODUTOS LÁCTEOS

Queijos	Emboloramento	Ocorre superficialmente em queijos duros e semiduros, quando ocorre em grandes pedaços deve-se eliminar as partes mofadas, cortando-se pelo menos a 2 cm de profundidade.
	Produção de gases	Em queijos minas e prato, presença de “olhos” pequenos ou “renda”, indica contaminação com coliformes fecais durante a produção.
	Poteólise	Em alguns queijos moles (especialmente o minas frescal), presença de zonas amolecidas e com odor desagradável provocadas por bactérias.
Iogurte	Acidez excessiva	Liberação excessiva de líquido sobrenadante (soro) indicando temperatura inadequada de estocagem.
	Estufamento	Fermentação alcoólica ocasionada por leveduras (ligeiro odor alcoólico) ou pro coliformes, não devendo ser consumido.
Manteiga	Rancificação	Ação de lipases, liberadas por bactérias, alterando sabor.
	Manchas	Manchas rosadas ou vermelhas, encontradas em superfícies, não são patogênicas mas alteram o odor.
Leite	Acidificação	Talha em consequência da formação do ácido láctico por bactérias.



DETERIORAÇÃO DE PRODUTOS LÁCTEOS



- Microrganismos psicrotróficos produtores de lipases e proteases termoestáveis (não desnaturadas na pasteurização)
- Microrganismos termodúricos (sobrevivem à pasteurização – *Bacillus*)
 - Lipases geram cadeias de AG que conferem odor e sabor rançosos
 - Proteases degradam as proteínas do leite e formam peptídeos que conferem gosto amargo



UNISÃO MIGUEL

DETERIORAÇÃO DE FRUTAS, VERDURAS E DERIVADOS

Vinagre	Formação de película e depósito	Desenvolvimento de bactérias, que embora não traga prejuízos à saúde, altera aspecto e sabor. Após abertura, manter sob refrigeração.
Hortaliças e Verduras	Emboloramento	Geralmente acontece em produtos picados, cortados e ralados, estocados por mais de cinco dias.
	Podridão	Em raízes, tubérculos e verduras, amolecendo-os, escurecendo-os e dando um odor forte e desagradável.
Frutas e sucos	Emboloramento	Superficiais, provocando lesões nas frutas. Frequentes no mamão, laranja e manga.
	Alteração do sabor	Ocorre em sucos quando há desenvolvimento de leveduras e bactérias.
	Fermentação	Desenvolvimento de leveduras fermentativas, produzindo gás, espuma e turvação em suco de frutas.



DETERIORAÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL

- Produção de pectinase
 - Hidrólise da pectina → amolecimento do vegetal
 - *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Bacillus* (podridão mole bacteriana)





DETERIORAÇÃO DE FRUTAS

- Frutas possuem $\text{pH} \approx$ ácido e baixa [vitamina B] →
contaminação predominante de fungos





UNISÃO MIGUEL

DETERIORAÇÃO DE OVOS E PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Ovos	Emboloramento	Estocagem em ambiente úmido e quente.
	Alteração interna	Ovo velho – trincamento da casca.
Panificados	Emboloramento	Armazenamento em condições inadequadas (umidade).
	Acidificação	Recheios (creme) de doces, bolos e bombas, causadas por bactérias láticas.
Farinhas, féculas e massas secas	Mofo	Estocagem inadequada em locais úmidos e pouco ventilados.



UNISÃO MIGUEL

DETERIORAÇÃO DE CEREAIS, FARINHAS, PÃES E CONDIMENTOS

- Aw muito baixa e alta concentração de açúcares → bactérias com endosporos (*Bacillus*) e bolores





INDICATIVOS PARA TEMPO DE PRATELEIRA

Determinação da glicose

- Menores concentrações de glicose são indicativos de que os MO estão prestes a usar proteínas (putrefação)

Determinação de ácido glucônico

- Sintetizado a partir da glicose por *Pseudomonas* em carnes

Determinação de aminas biologicamente ativas

- Bactérias ácido-láticas produzem tiamina em carnes deterioradas

Determinação de compostos voláteis

- Metilbutanol, propanol, butanol (indicativos de oxidação lipídica)
- Acetoína e diacetil (deterioração de carne suína)
- Trimetilamina (deterioração de peixes)



Atividade 03

No leite cru, os principais microrganismos deteriorantes são os coliformes, enquanto que no pasteurizado são as espécies de *Bacillus* e *Clostridium*. Por quê?

Prepare um experimento para identificação de NH_3 (Amônia) e H_2S (Sulfeto de Hidrogênio)?



UNISÃO MIGUEL

CONTATOS



E-mail: yuri.albuquerque@outlook.com



DOWNLOAD DO
CONTEÚDO DA AULA

<https://yurialb.github.io>

