

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
LAN 2690 – 2016**

M.^a Melina Luz Mary Cruzado Bravo – (Doutorado)ESALQ/USP
Bruno D. Galli – (Mestrado)FEA/Unicamp

Gordura do leite

**Tecnologia do creme de leite,
manteiga e outros derivados**



Agenda

- Gordura do leite
 - O glóbulo de gordura
 - Auto-aglutinação
 - Coalescência
 - Fusão e cristalização
 - Principais alterações que afetam os lipídeos
 - Homogeneização e obtenção
- Desnate e obtenção da gordura
- Manteiga
- Chantilly
- Sorvete



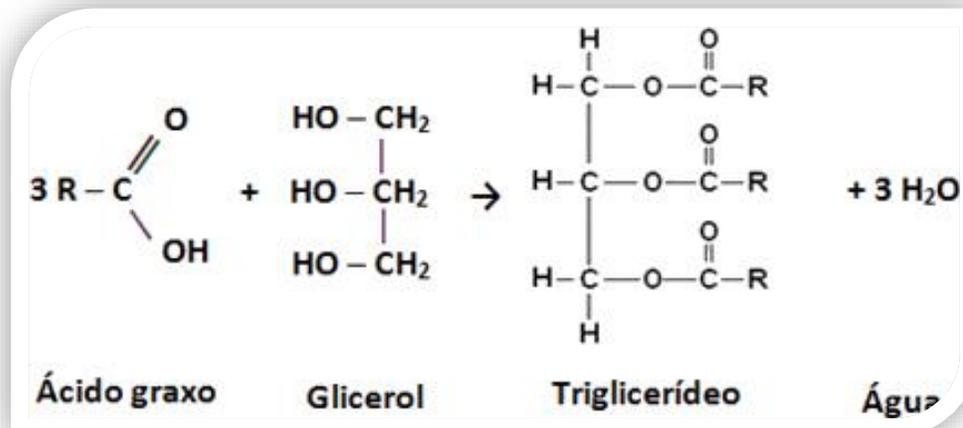
Gordura do leite (GAL gordura anidra do leite)

Lipídeos: grupo diversificado de moléculas orgânicas apolares (**insolúveis em água**) formadas a partir de ácidos graxos (-COOH) e álcool (-OH). Gorduras e óleos são as **formas principais de armazenamento de energia** de muitos organismos (Lehninger, 2005).

Componente mais variável do leite: 3,2 ~ 6,0%

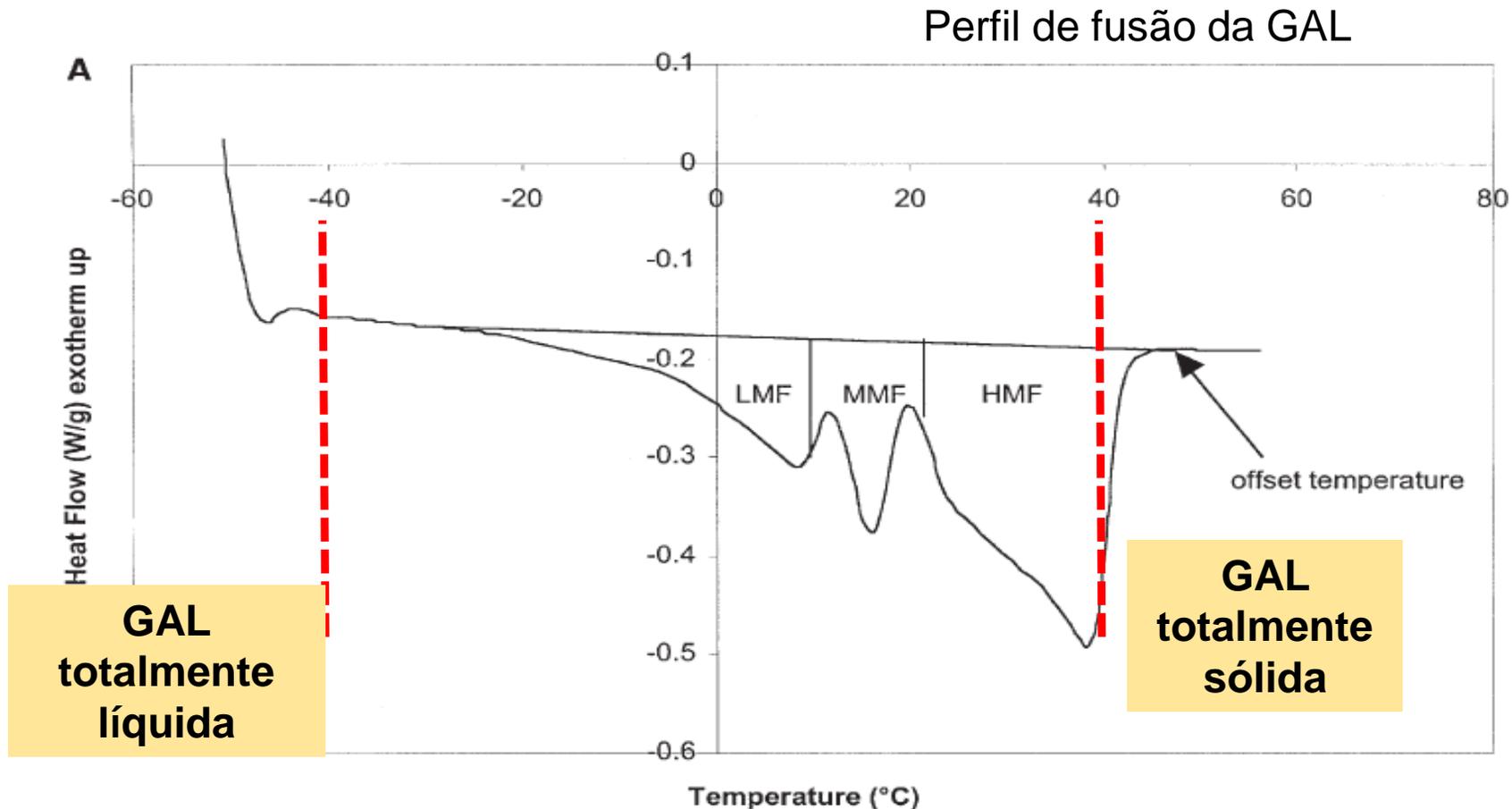
Raça
Época do ano
Região
Alimentação
Período de lactação

- Os **triglicerídeos (TGA)** compõe 95~98% da GAL



Composição da GAL

- Gordura complexa com → >400 Ácidos graxos (AG)
- **Extensa faixa de fusão**



Lipid class	Cow
Triacylglycerols	97.5
Diacylglycerols	0.36
Monoacylglycerols	0.027
Cholesteryl esters	T
Cholesterol	0.31
Free fatty acids	0.027
Phospholipids	0.6

Nome comum	Taxa média (%)	Ponto de fusão (°C)
Butírico	2-5	-8
Capróico	1-5	-3,4
Caprílico	1-3	16,7
Cáprico	2-4	31,6
Laurico	2-5	44,2
Mirístico	8-14	54,4
Palmítico	22-35	62,6
Palmitoleico	1-3	45,0
Estearíco	9-14	69,6
Oleico	20-30	16,0
Linoleico	1-3	-7,0
Linolênico	0,5-2	-13,0

60% saturado

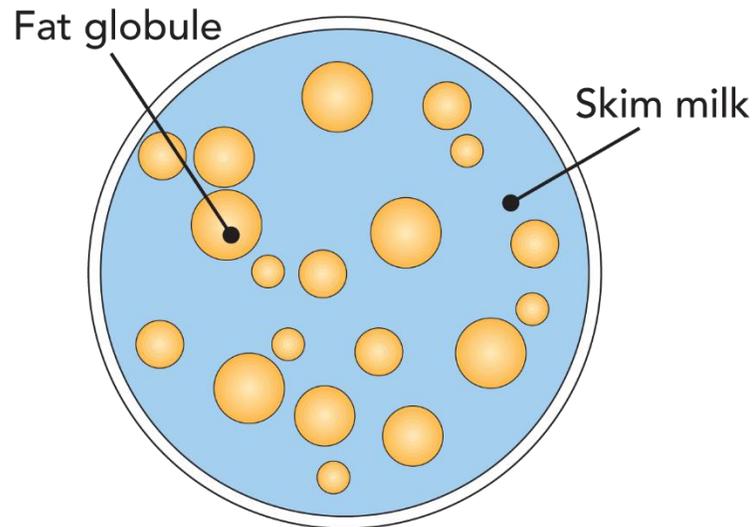
From Christie (1995); T trace

14:0
16:0
16:1
18:0
18:1
18:2
18:3

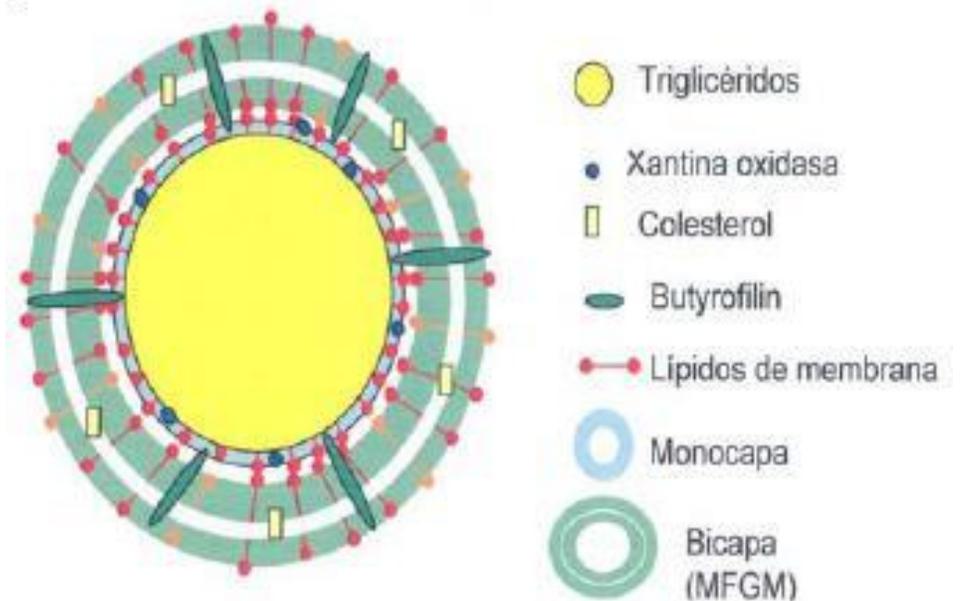
Globulo de gordura

- Leite → 87% água (polar)
- GAL → 98% de compostos apolares

Como se estabiliza
no meio?



Membrana do glóbulo de gordura! (MGGL)

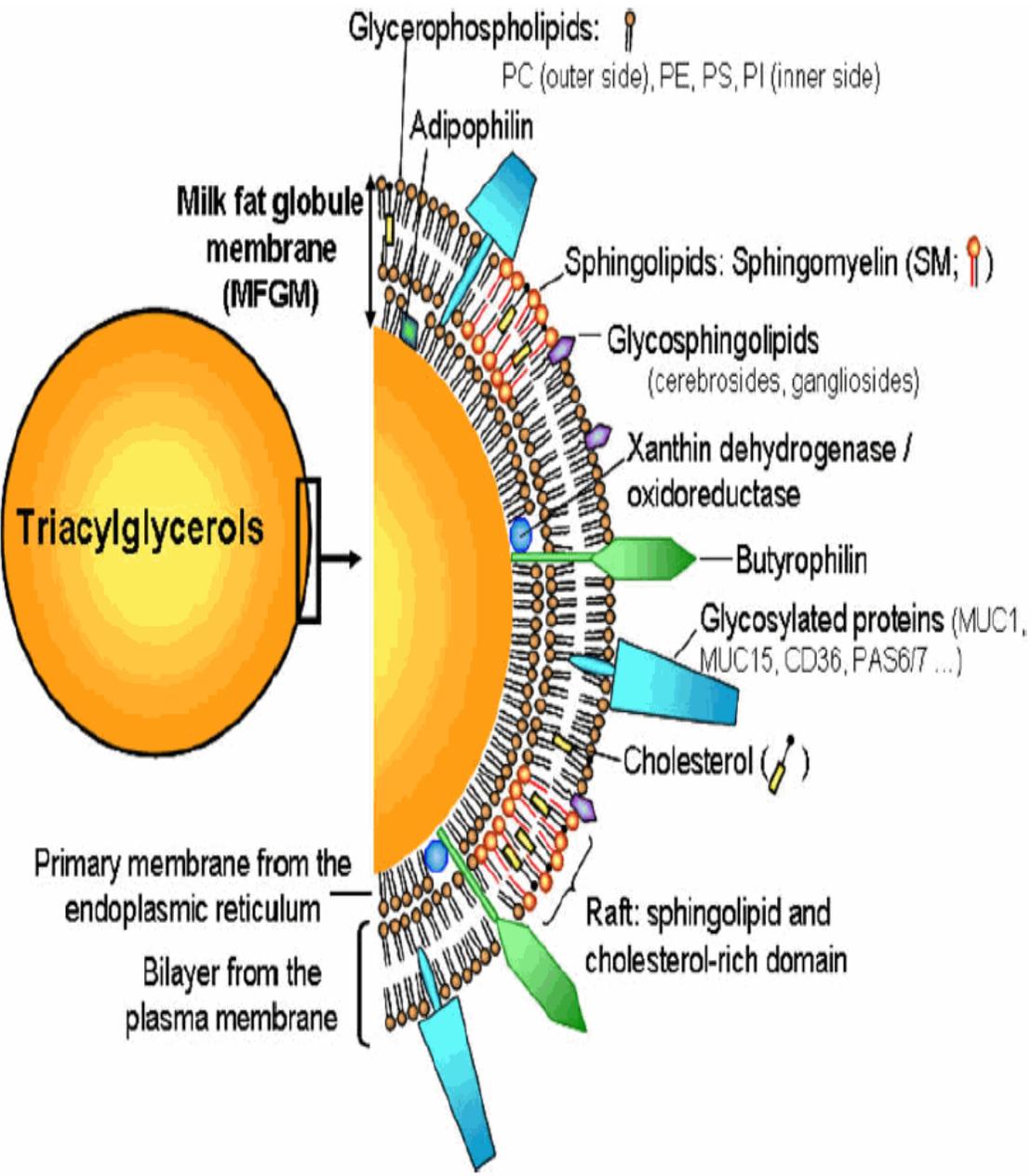


SÍNTESE DO LEITE NA CÉLULA

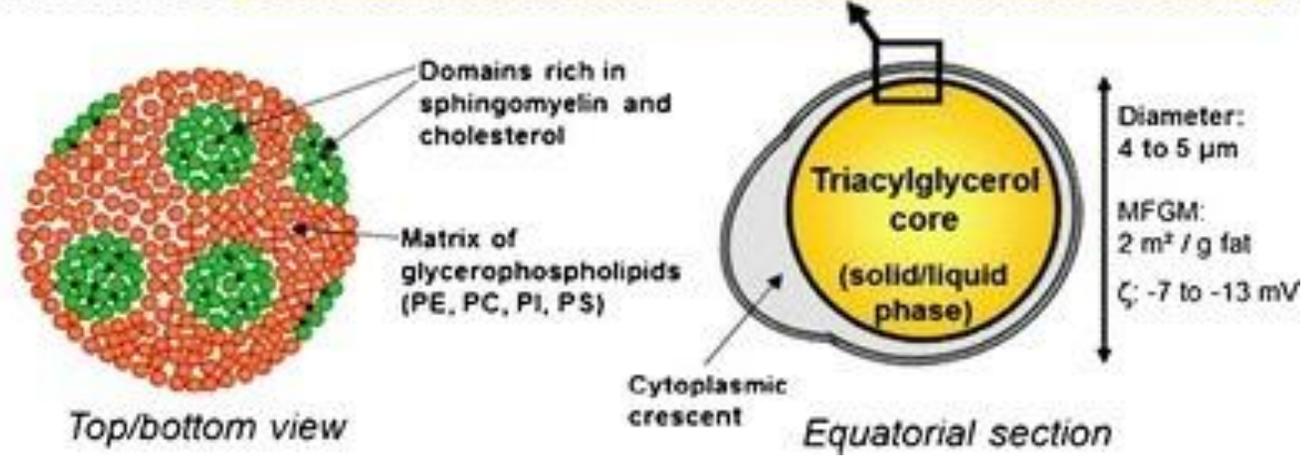
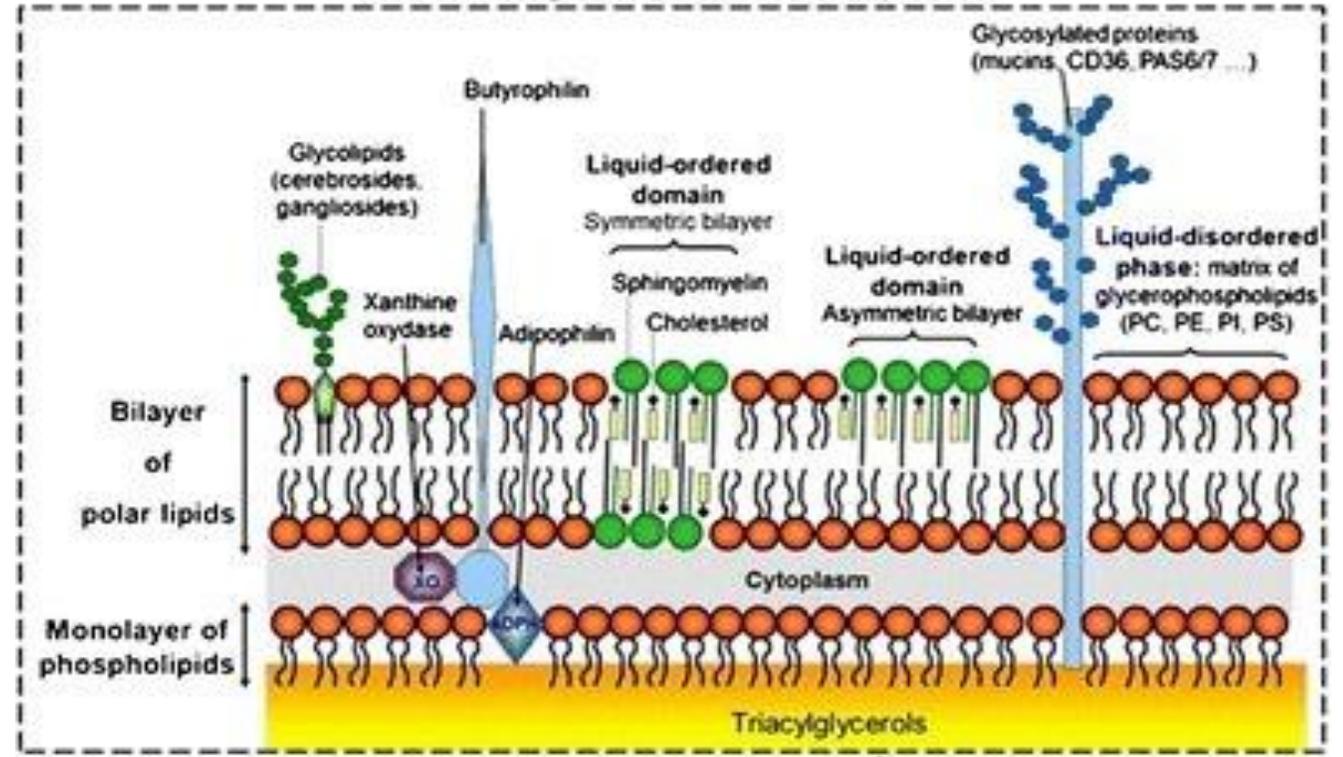


1. Proteínas e lactose produzidas dentro da célula são levados para o alvéolo;
2. Produção de glóbulo de gordura do leite;
3. Transporte de íons e água;
4. Transporte de imunoglobulinas, hormônios e fatores de crescimento;
5. Padrão paracelular: movimento de substâncias dentro da célula.

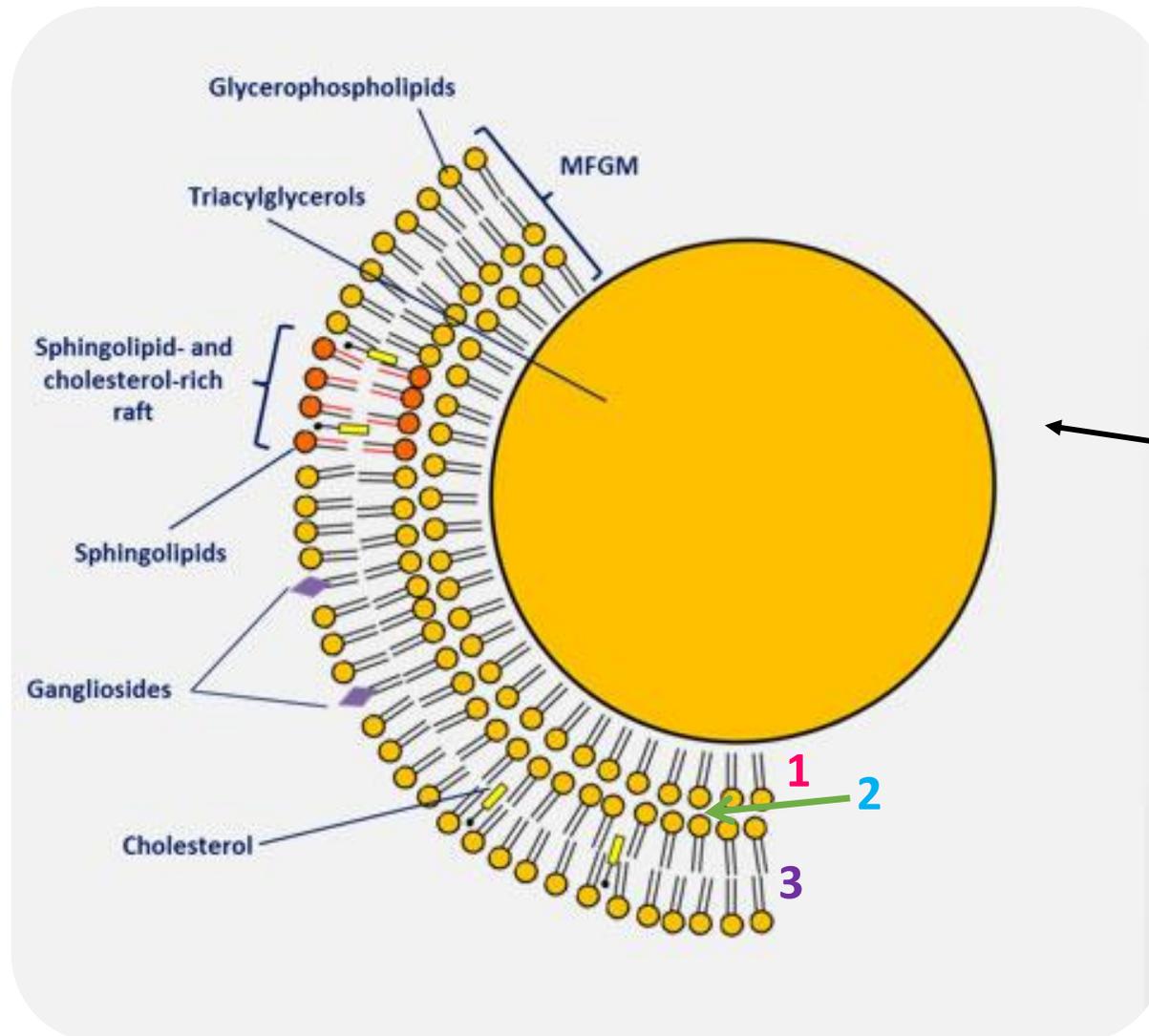
Origen - Vesículas do retículo endoplasmático das células do epitélio mamário, que se carregam de triglicerídeos .



Milk fat globule membrane:
 a trilayer structure with a lateral organisation of polar lipids and a heterogeneous distribution of proteins



MGGL (MFGM em inglês)



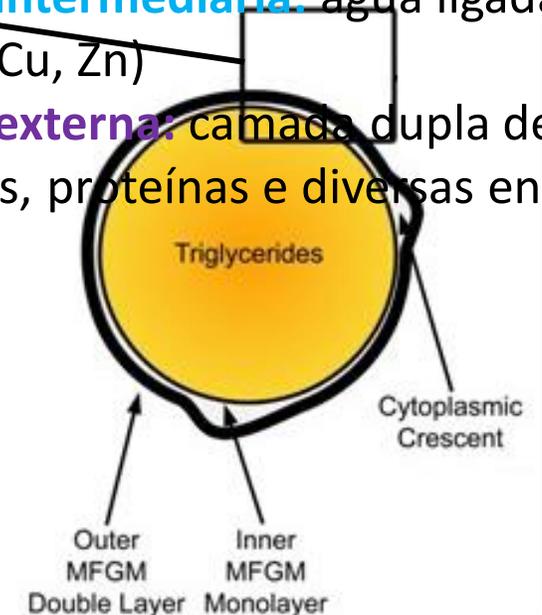
➤ A composição da membrana corresponde a da porção apical da célula mamária e do complexo de Golgi

- ❖ Fração lipídica = 48%
- ❖ Fração proteica = 48%
- ❖ Enzimas diversas
- ❖ Metais

➤ **1) Camada interna:** semelhante a membrana celular → Prot. E fosfolipídeos

➤ **2) Camada intermediária:** água ligada a metais (Fe, Cu, Zn)

➤ **3) Camada externa:** camada dupla de fosfolipídeos, proteínas e diversas enzimas.



Interior

Triglycerides
Diglycerides
Fatty Acids
Sterols
Carotenoids
Vitamins: A, D, E, K

Membrana

Phospholipids
Lipoproteins
Glycerides
Cerebrosides
Proteins
Nucleic acids
Enzymes
Metals
Water

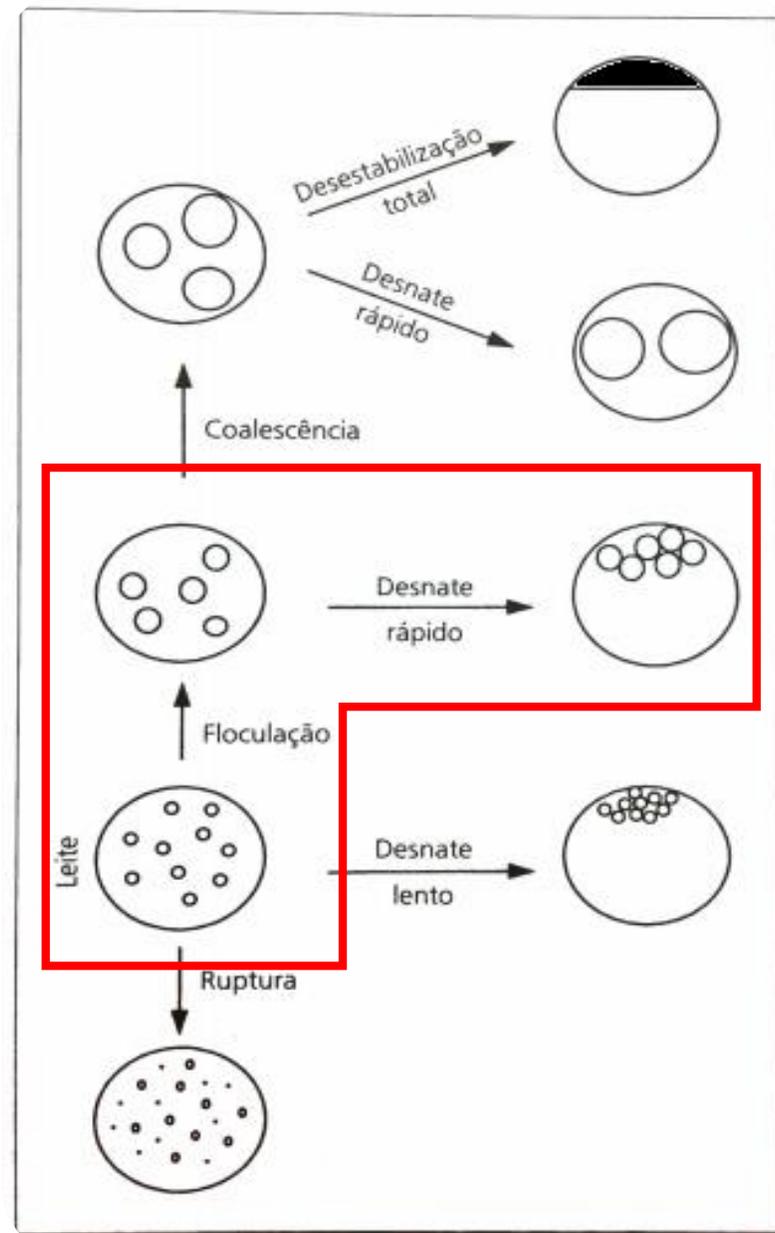


Alteração da membrana GAL

- **Auto-aglutinação**
- **Coalescência**
- **Fusão e Cristalização**

Auto-aglutinação

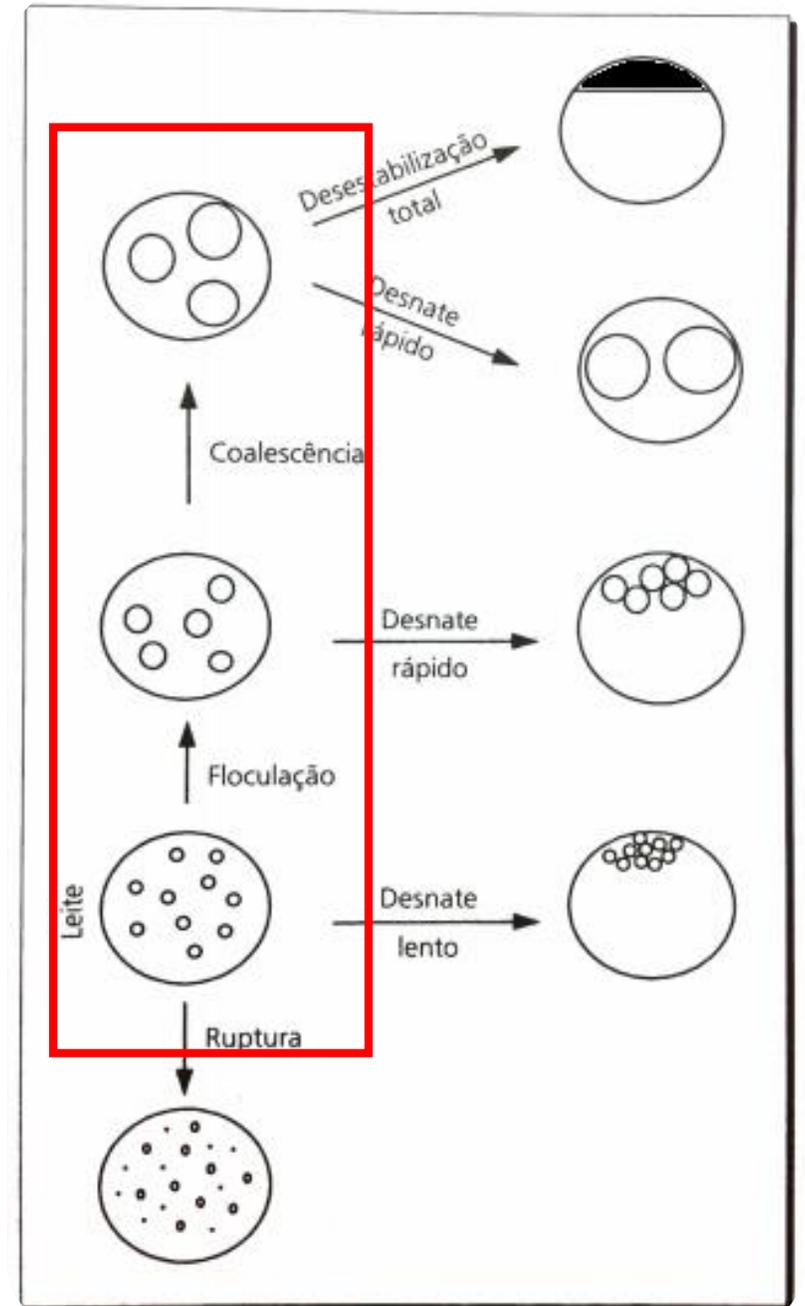
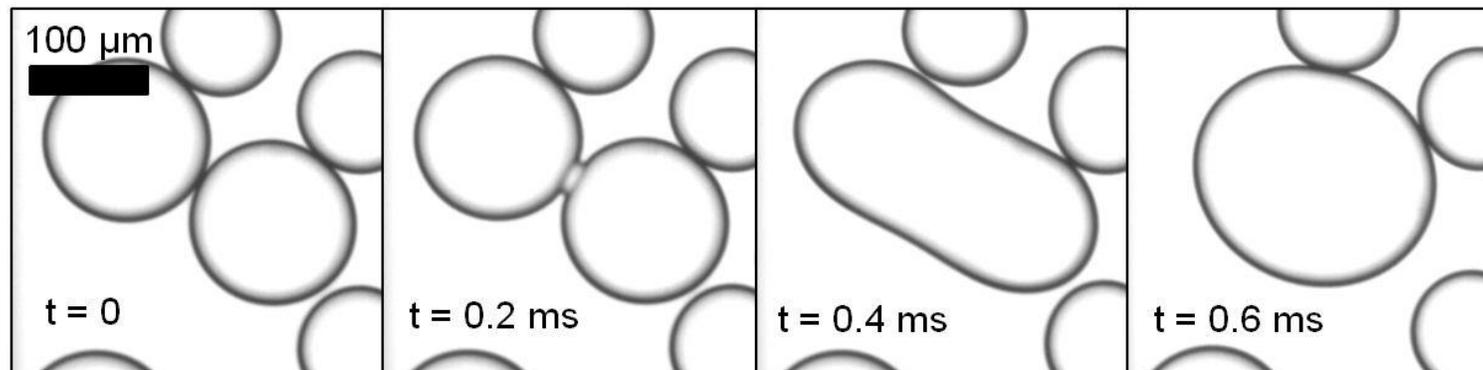
- Temperatura de refrigeração → **aglutinina** (proteína imunoglobulina) liga um glóbulo ao outro e causa floculação
- Se os glóbulos forem pequenos é necessário mais aglutinina para ligá-los, logo a floculação não ocorre



Formas de destabilização da emulsão láctea

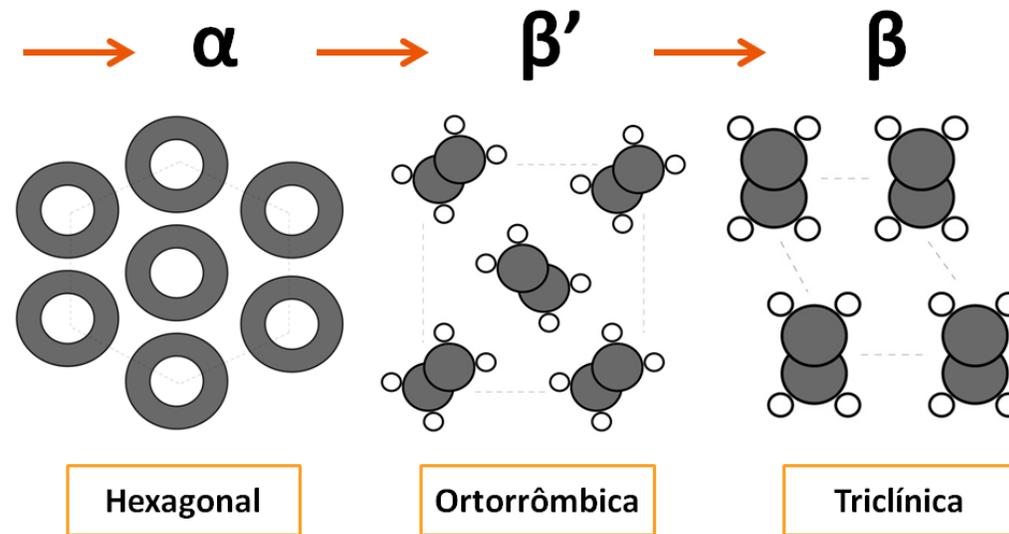
Coalescência

- Fusão de duas ou mais gotas de gordura em uma única acompanhado de ruptura da membrana.
- Presença de cristais (fase sólida) de gordura favorece a coalescência. Presença de fase líquida possibilita a fusão.
- **É afetado por:** agitação, temperatura, % de gordura, tamanho do glóbulo, congelamento, etc.



Cristalização (Polimorfismo)

- A fusão/cristalização das gorduras **depende de sua composição de AG**
- A cristalização da GAL é **complexa devido a variedade** de AG nos TAG presentes
- A velocidade e temperatura de cristalização influi na conformação da rede de cristais



Temperagem de manteiga:
Manteiga dura X manteiga
cremosa

Alfa: resfriamento brusco → muito instável

Beta-linha: estabilidade intermediária, plasticidade e cristais pequenos

Beta: alta estabilidade, cristais opacos, quebradiços e grandes

Fatores que afetam os lipídeos

Lipólise

Auto-oxidação

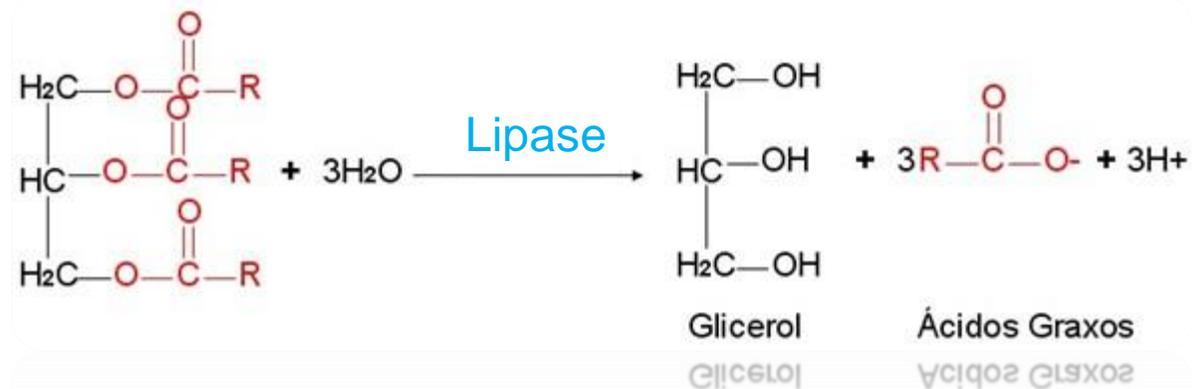
Lipólise (hidrólise enzimática)

- A hidrólise Provoca **aumento de AG livres** = **sabor ranço** = **aumento da acidez**

O leite possui muita **lipase natural** mas sua ação é impedida por vários fatores:

- ✓ pH do leite (6,7) não é ótima para atuação da enzima
- ✓ Refrigeração impede plena atuação da enzima
- ✓ A lipase está majoritariamente unida a caseína (baixa [] de enzima livre)
- ✓ Lipase torna-se inativa à 75°C (condição próxima da pasteurização).

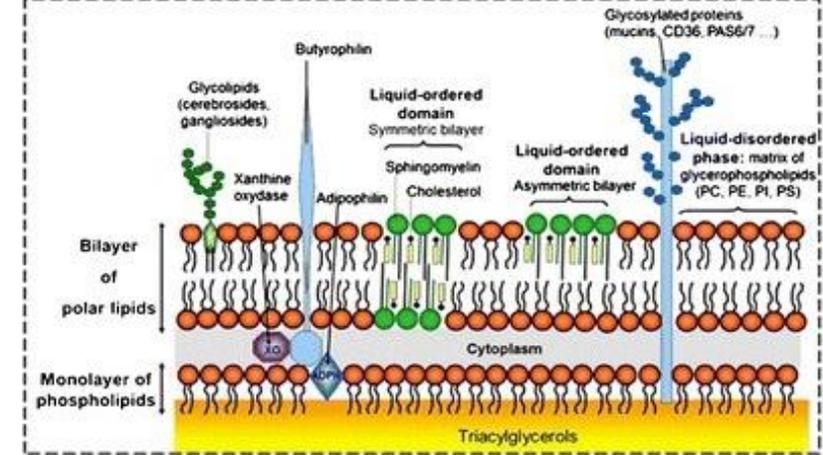
PRINCIPAL FATOR: membrana do glóbulo isola os TGA do meio externo



Auto-oxidação

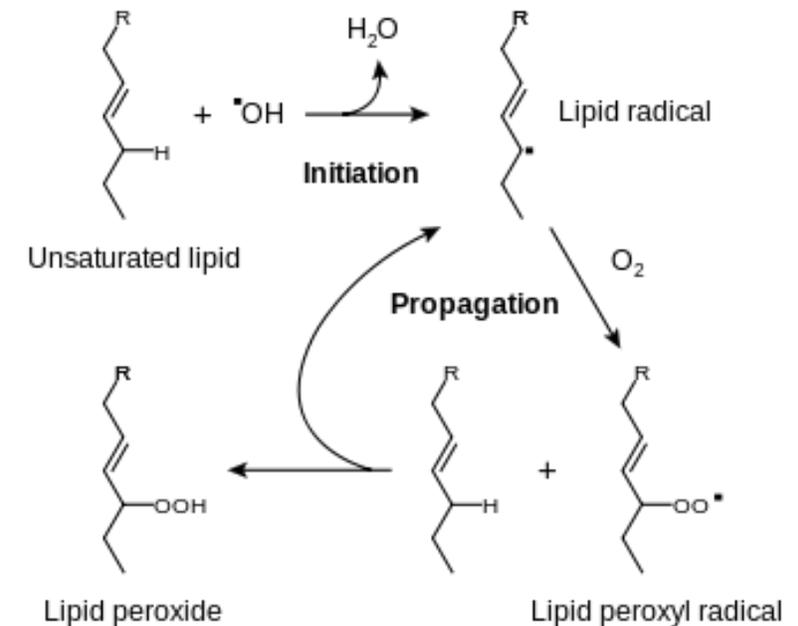
- Reação química sobre **AG insaturados livres ou esterificados**
- Dependente de O₂ e catalisada pela **luz, calor, metais** (Cu e Fe).
- Os hidroperóxidos produzidos não tem aroma mas são instáveis e se degradam em diversas substâncias (carbonilas, Alcoóis e ácidos) **de sabor e aroma rançoso**.

A reação inicia-se **nos fosfolipídios (MGGL)** por serem ricos em AG insaturados e **estarem em contato com metais** da fase intermediária do glóbulo.



Ocorre em 3 fase:

- I) Iniciação
- II) Propagação
- III) Terminação

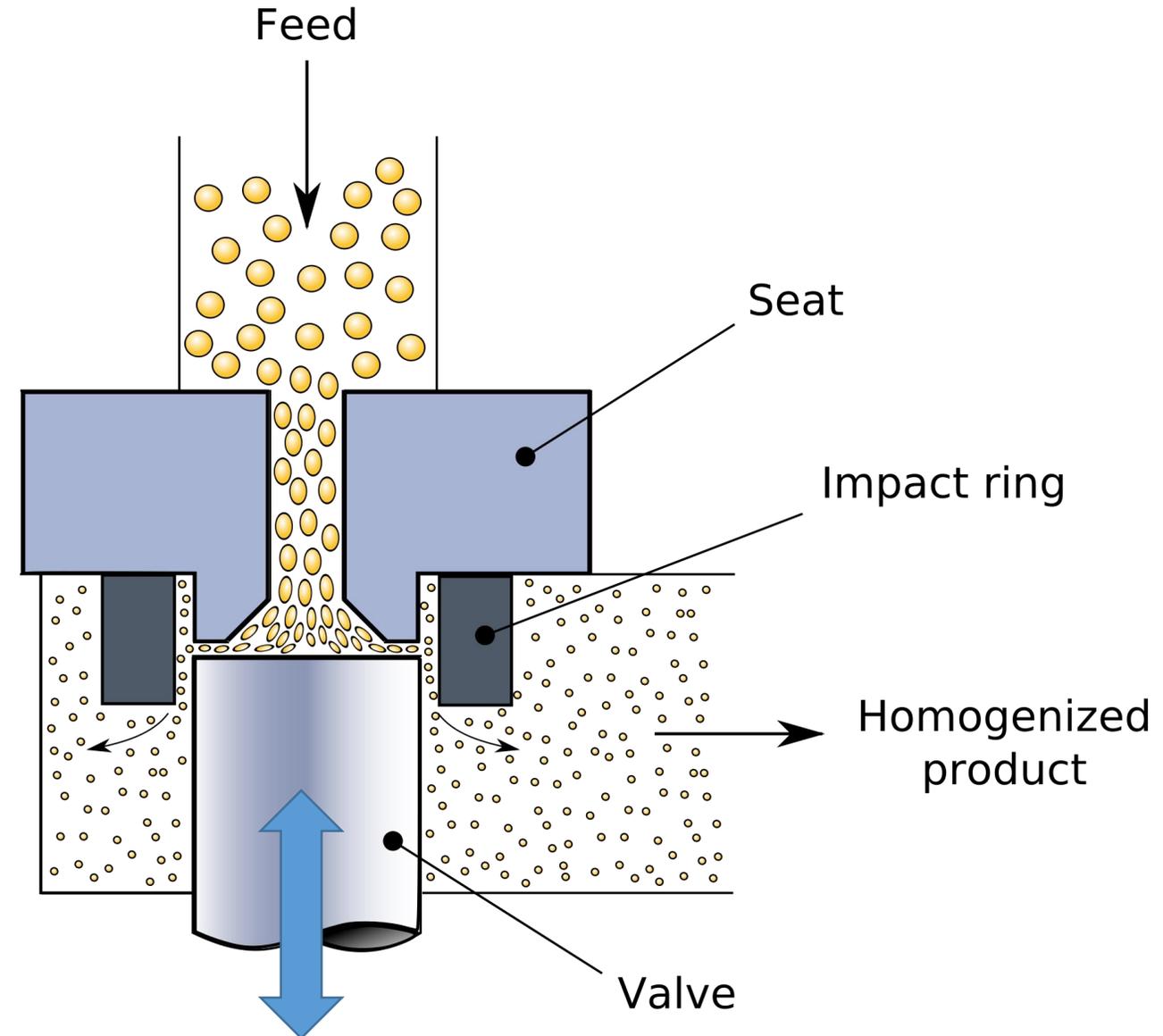


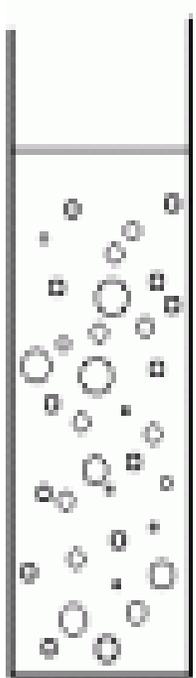
Homogeneização

Homogeneização

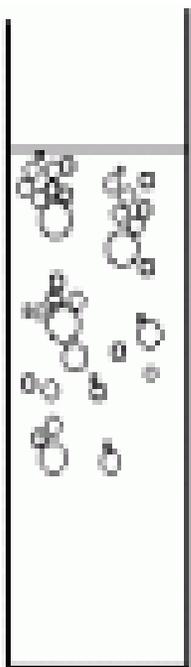
- **Objetivo:** prolongar a estabilidade da emulsão (leite/gordura) reduzindo mecanicamente o tamanho dos glóbulos evitando a floculação.

- A ruptura dos glóbulos se produz pelo **choque** com a trava e pela laminação que sofrem por sair por um canal tão estreito.

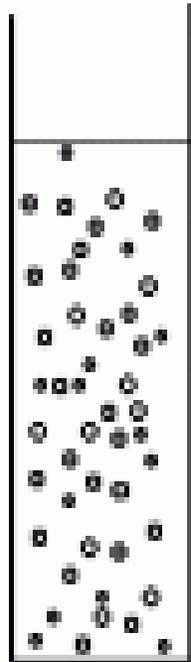




Leite Cru



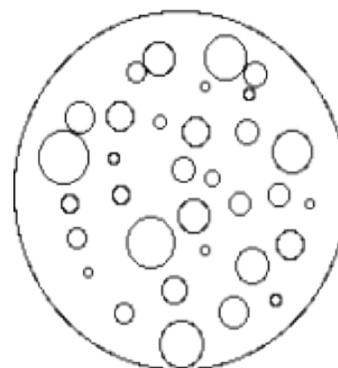
Leite cru após 1 hora



Leite homogeneizado (estocagem)

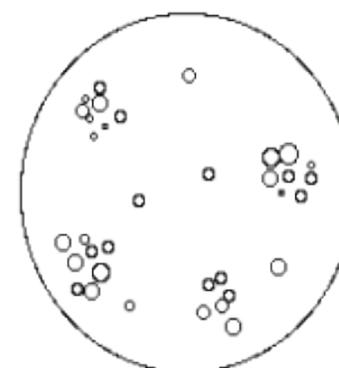
The Effects of 2-stage Homogenization on Fat Globule Size Distribution as Seen Under the Light Microscope

unhomogenized



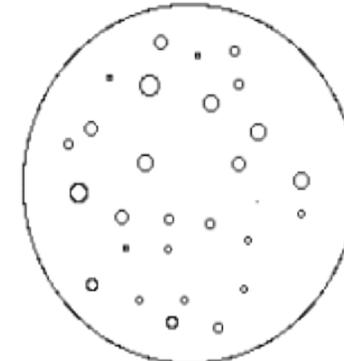
mean 2 μm
range 1-10 μm

1-stage
(2500 psig)



mean 0.5 μm
range 0.2-2 μm
much clustering

2-stage
(2500/500 psig)



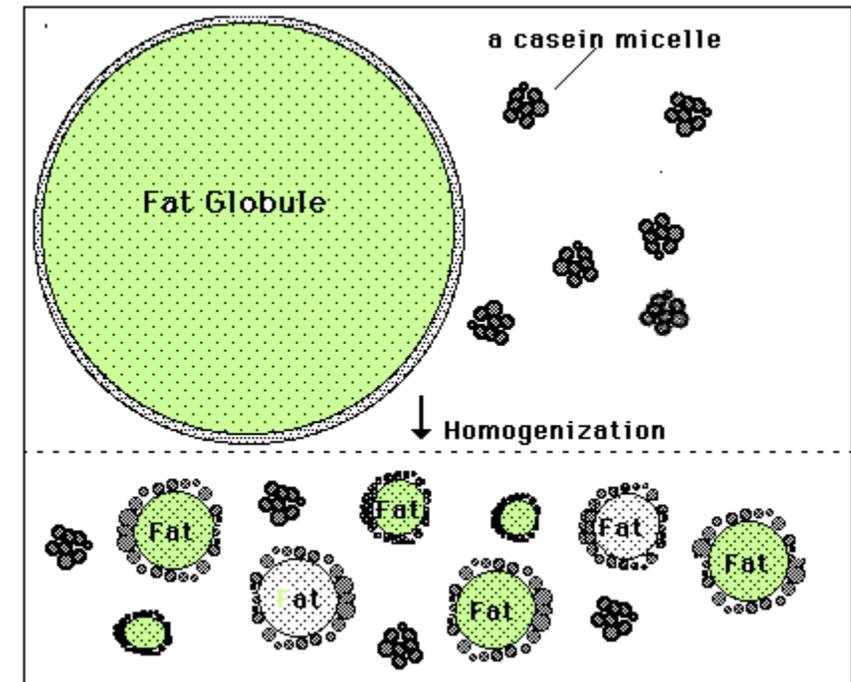
mean 0.5 μm
range 0.2-2 μm
no clustering

Efeitos da homogeneização

- Modificação da membrana: **aumento da área superficial dos glóbulos** → componentes originais da membrana são insuficientes para recobri-la → quaisquer componentes anfipáticos se ligam à membrana para recobrir (caseínas e proteínas do soro)

➤ Isso causa:

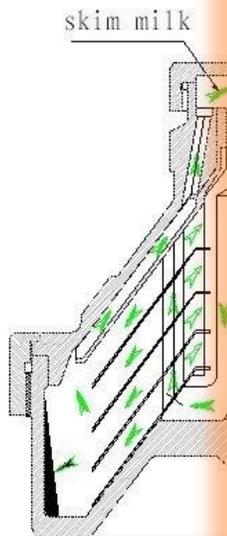
- Aumento da fração proteica
- A nova membrana não é imune a ação das lipases (↑lipólise)
- As caseínas ligadas a membrana podem se ligar e formar rede proteica



**OBTENÇÃO
e
DERIVADOS**

Desnate

- Densidade Água > Gordura → desnate espontâneo: **lento e descontínuo**
- **Desnate industrial** → desnatadeira (discos perfurados sobrepostos → Centrifugação)



de
natado

le

o

o

o

o

Creme de leite

- Leite enriquecido de gordura → 12~60%

15~20%



**UHT e
Homogeneizado**

132°C/ 2 segundos

25~30%



**Esterilizado na
embalagem**

35~40%



Só pasteurizado

(85-100°C/ 10-15 seg)

Creme de Leite

PORTARIA Nº 146, DE 7 DE MARÇO DE 1996



Nata Pasteurizada

INSTRUÇÃO NORMATIVA No 23, DE 30 DE AGOSTO DE 2012

mínimo 45%.

20°D



Condições de desnate

- **Qualidade do leite:** leite sujo e ácido deixa desnatadeira suja (deposição por centrifugação) chegando a entupir e dificultar a passagem do creme.
- **Temperatura:** **>30°C** para dar mobilidade à gordura mas inferior a temperatura de pasteurização para não destruir o glóbulo.
- **Rotação:** quanto maior rotação mais rápido o processo porém mais **dano mecânico aos glóbulos**.
- **Alimentação do tacho:** se a pressão de entrada do leite é **muito rápida o desnate não tem tempo de ocorrer** e o leite passa pelo sistema sem centrifugação.
- **Evitar excesso de ar:** incorporação de ar **promove ruptura** dos glóbulos



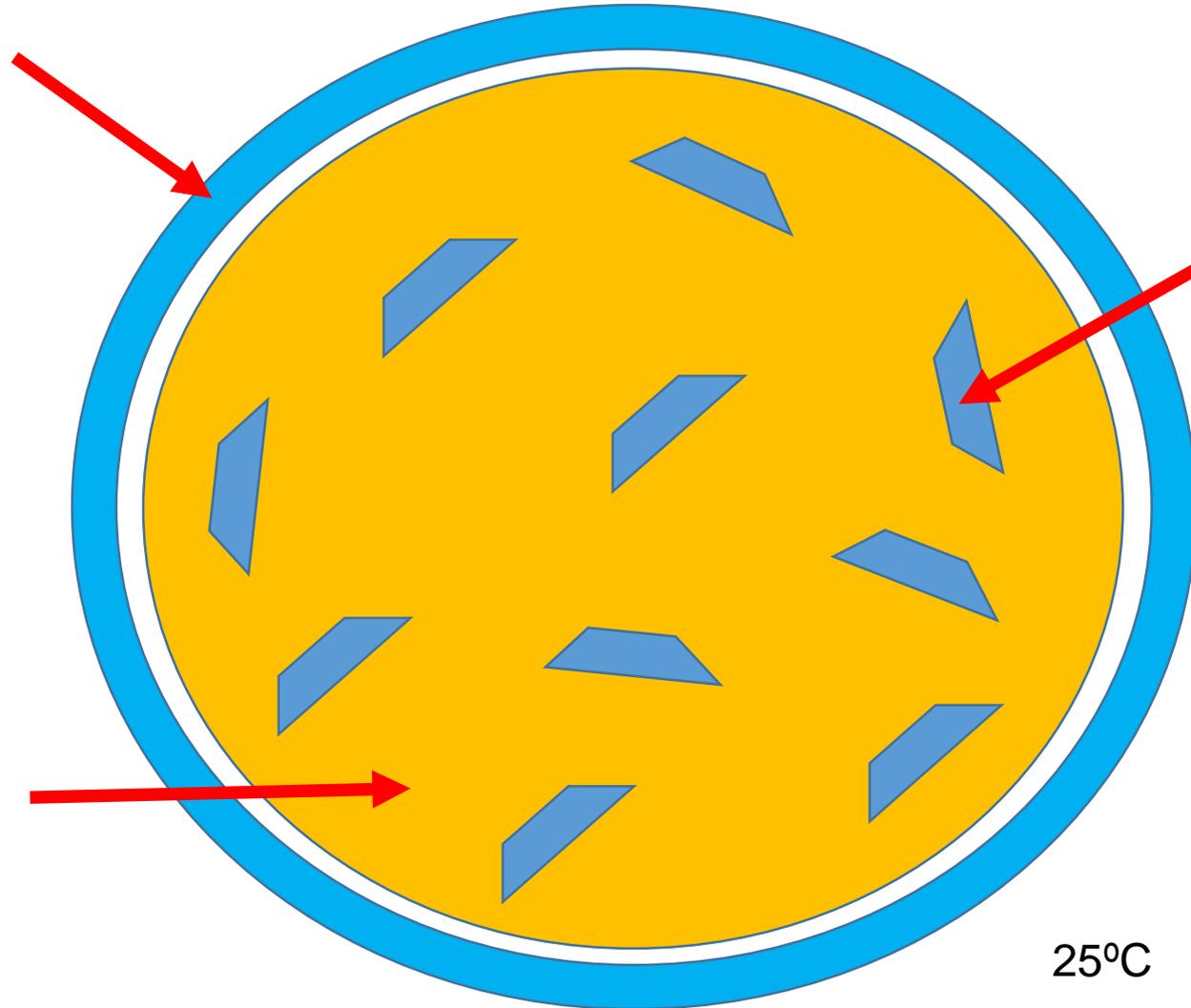
Outros tipos de creme

- Creme açucarado
- Creme fermentado
- Creme aromatizado (Baunilha)
- Creme em pó (uso industrial)
- Nata maturada (Culturas starter)



Lembrando do glóbulo de gordura

Mebrana
(Compostos
anfóteros)



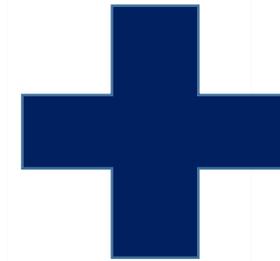
Cristais de
gordura sólida

Gordura
líquida

25°C

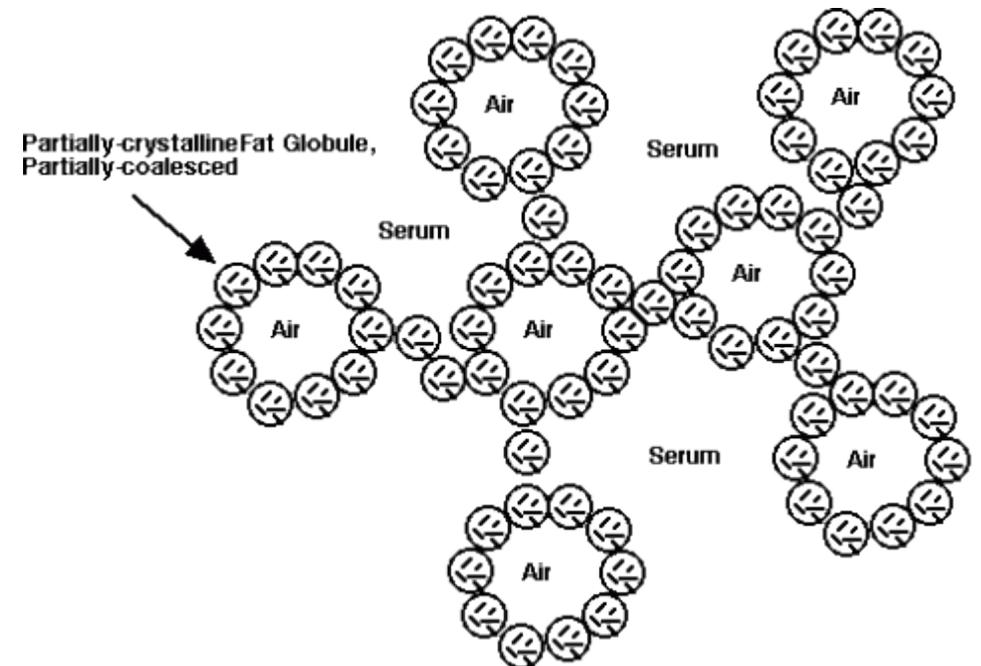
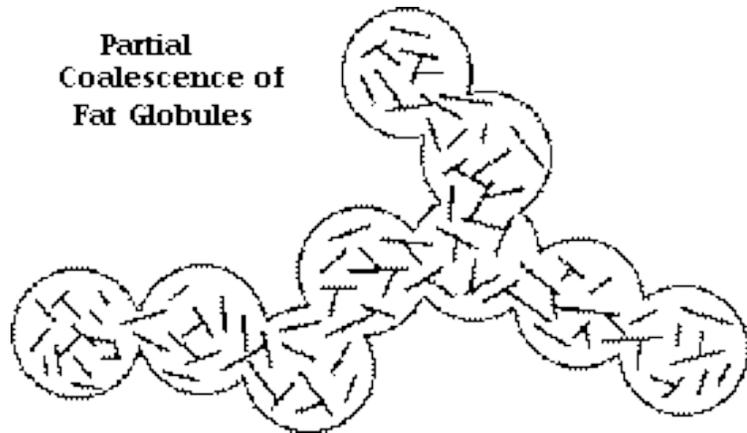
Chantilly

Como fazer chantilly?



Chantilly

- A espuma é um tipo de **dispersão coloidal** em que o dispersante é um gás e o disperso é um sólido ou um líquido.
- Espuma formada através da agitação mecânica, causando a **coalescência parcial** dos glóbulos de gordura formando cadeias de glóbulos que retêm o ar incorporando a fase aquosa do creme em uma **estrutura tridimensional e relativamente estável**.



Agitação danifica parcialmente a membrana e a parte apolar (gordura) se liga

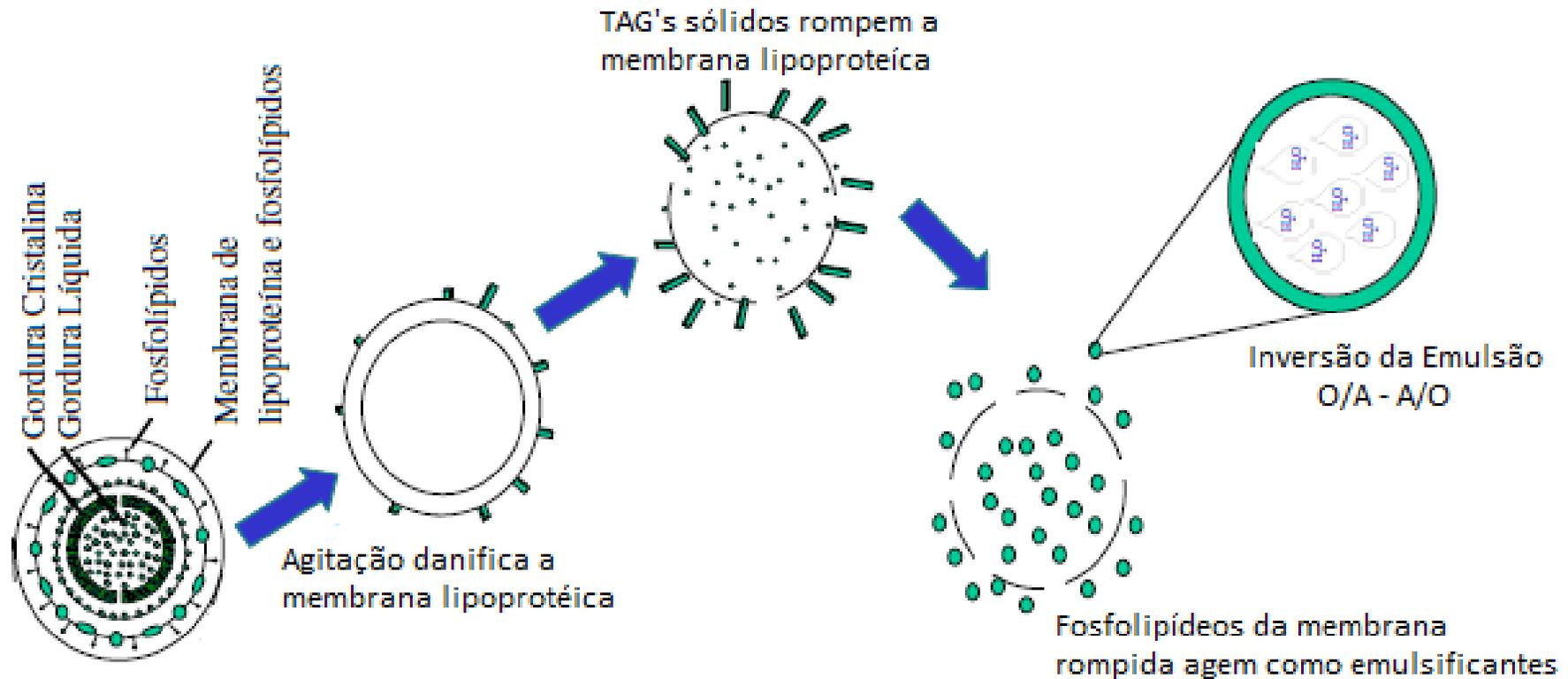
(Not to scale)

Fatores que influenciam na estruturação do chantilly

- **Temperatura:** é necessário grande quantidade de gordura sólida (romper a membrana) e parte de gordura líquida (mobilidade dos cristais). (8~16°C)
- **Teor de gordura:** baixos teores de gordura (15~25%) não são suficientes para que haja encontro significativo dos glóbulos durante a agitação nem suficientes para uma estrutura tridimensional grande para reter a parte aquosa e o ar.
- **Homogeneização:** cremes homogeneizados (caixa e lata) tem membrana muito frágil que facilmente se rompe e glóbulos pequenos que não coalescem e/ou criam estrutura tridimensionais frágeis e incapazes de reter líquido e ar.

E se continuarmos a bater o chantilly?

Manteiga



Manteiga

- **Manteiga:** “produto gorduroso obtido exclusivamente pela bateção e malaxagem, com ou sem modificação biológica de creme pasteurizado derivado exclusivamente do leite de vaca, por processos tecnologicamente adequados. A matéria gorda da manteiga deverá estar composta exclusivamente de gordura láctea e compor no mínimo 82% do produto e umidade máxima de 16%” (**PORTARIA Nº 146 DE 07 DE MARÇO DE 1996 - MAPA**)



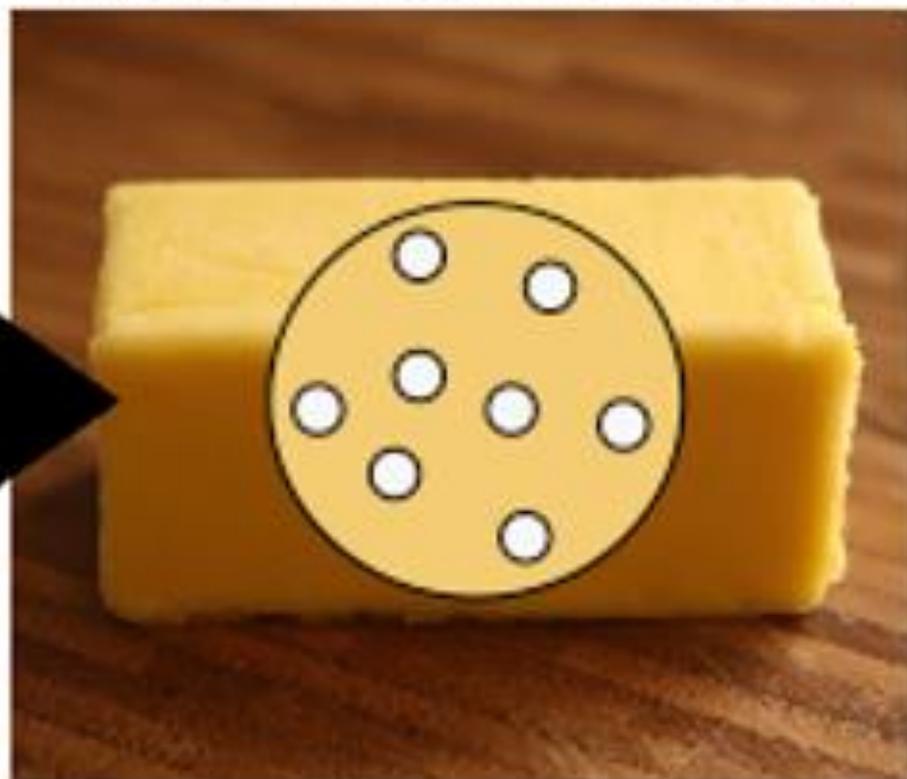
From Milk to Butter

Oil-in-Water Emulsion



Milk

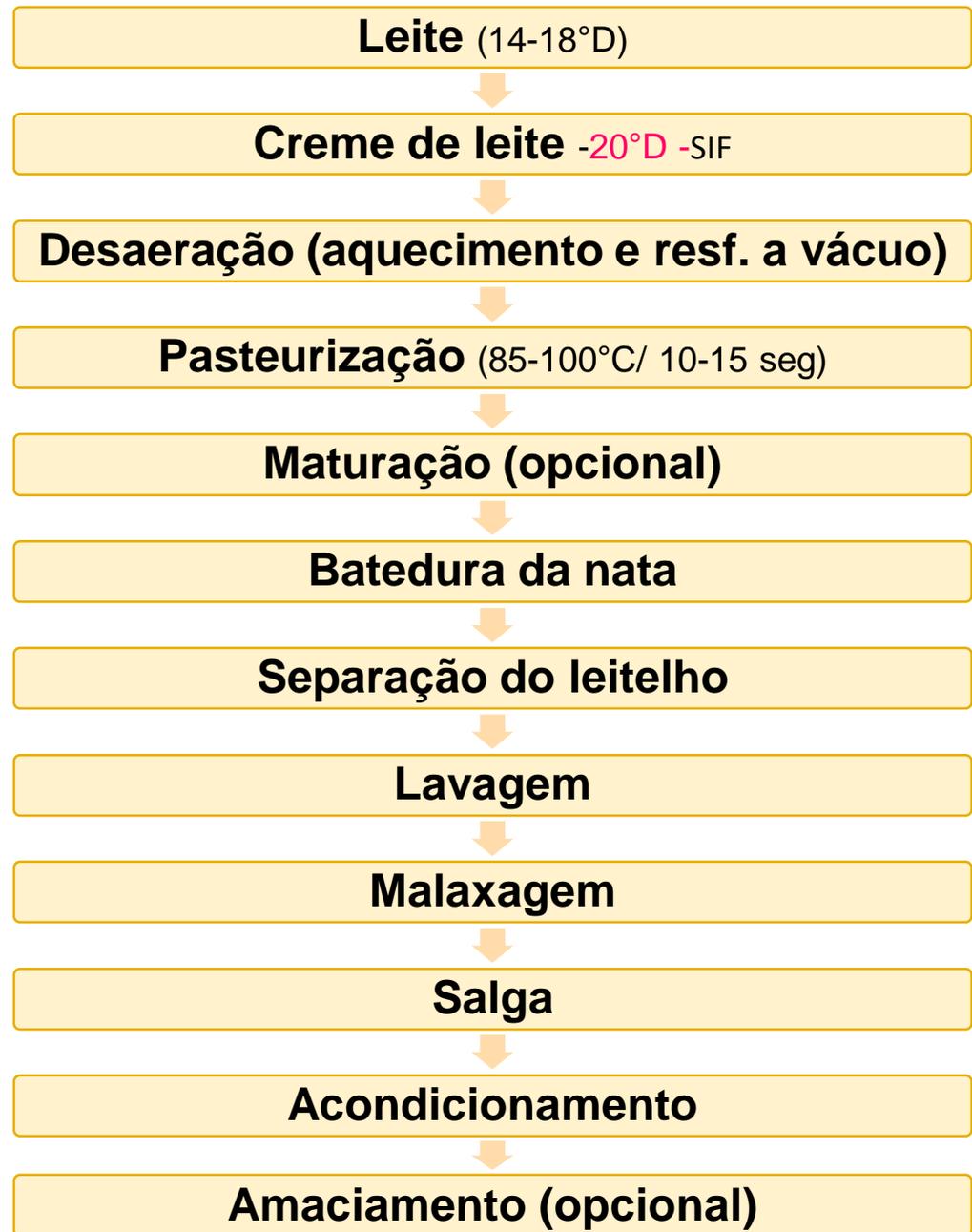
Water-in-Oil Emulsion



Butter

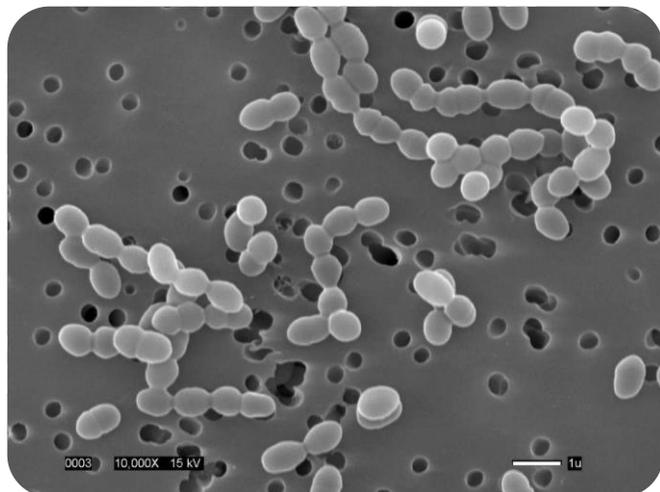
○ water ● oil

Processamento de manteiga

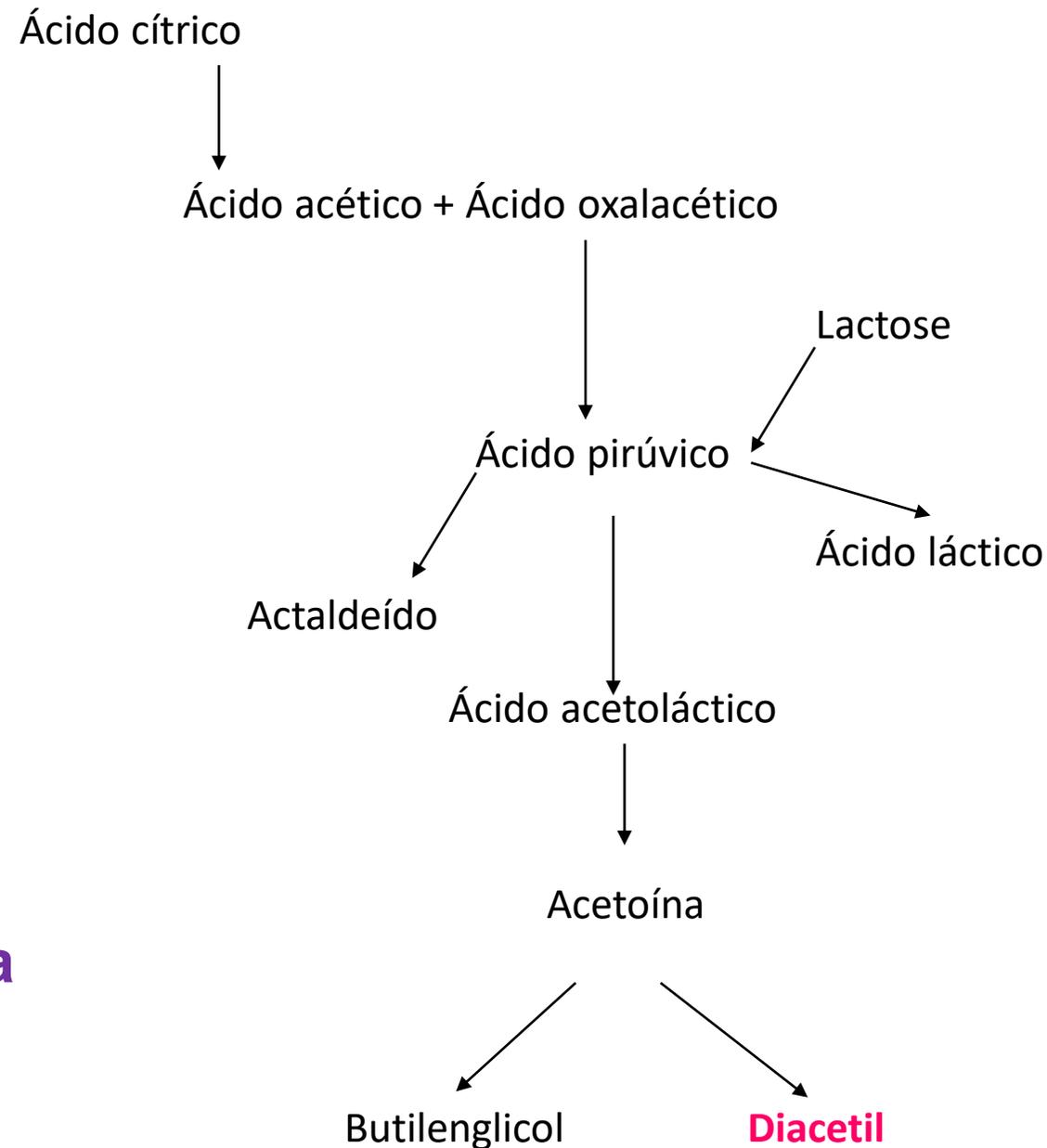


Maturação

- Aromatização e acidificação do creme através do uso de bactérias lácticas
- Principal substância de aroma na manteiga: **diacetil**
- Bacterias: *Leuconostoc* (*Le. citrovorum* / *Le. paracitrovorum*)



No Brasil não
temos manteiga
fermentada

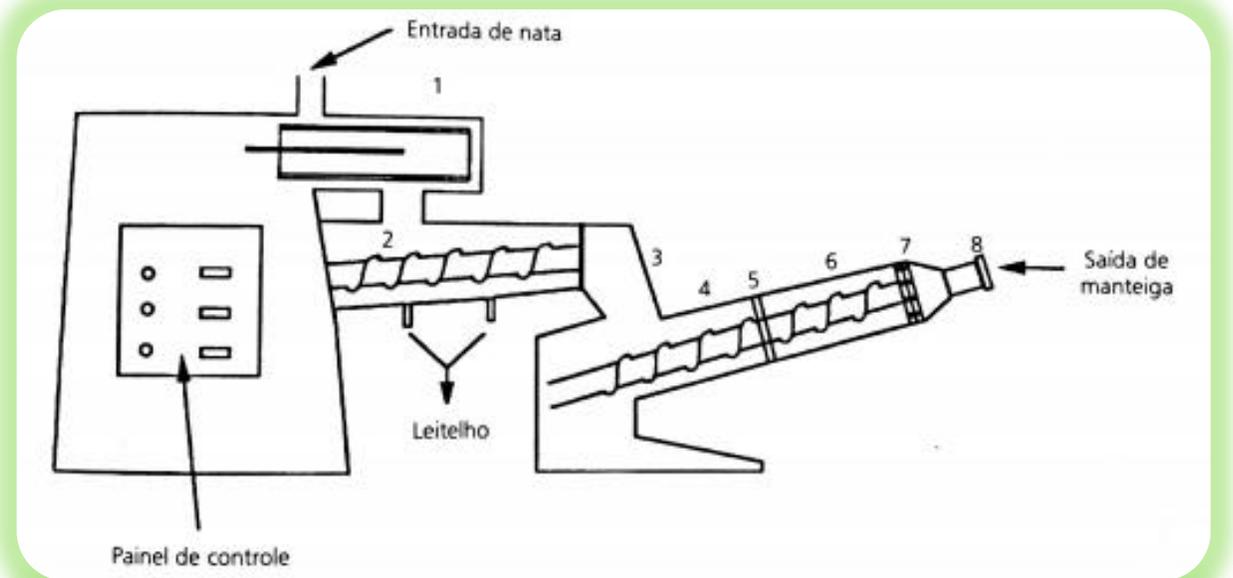


Batedura

- Visa promover o rompimento dos glóbulos de gordura através de força mecânica e a inversão da emulsão antes de O/A agora de A/O.



Processo descontínuo (batelada)



Processo contínuo

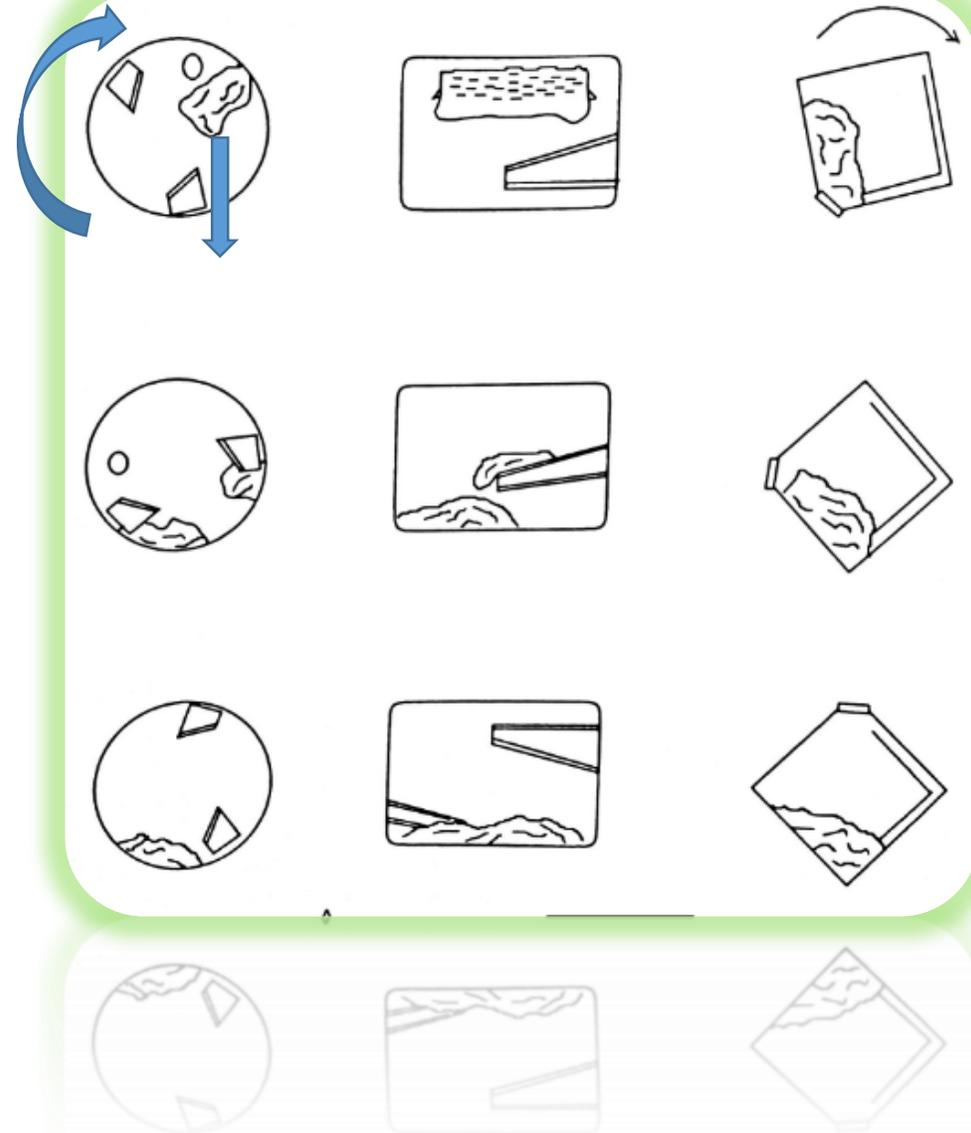
Lavagem

- Lavagem com água potável
- Objetivo: eliminar por arraste a lactose (substrato de m.o.), resíduos da membrana do glóbulo e de leiteiro (fase aquosa da crema)



Malaxagem

- Consiste na ação de **compactar os grãos de manteiga através de força mecânica ou em amassadeiras** de lenta rotação que fazem com que o próprio peso da massa cause sua compactação
- Objetivos:
 - facilitar a **soldagem e homogeneização** dos grãos
 - Extrair o máximo da fase aquosa residual (**↓m.o.** **↓oxidação**)
 - **Normalizar o conteúdo de gordura** segundo a legislação



Amaciamento

- O modo de cristalização da gordura (alfa, beta' linha ou beta) influi na sua textura (polimorfismo da gordura)

□ **Forma β'** → **cristais 3 a 4 μm** →

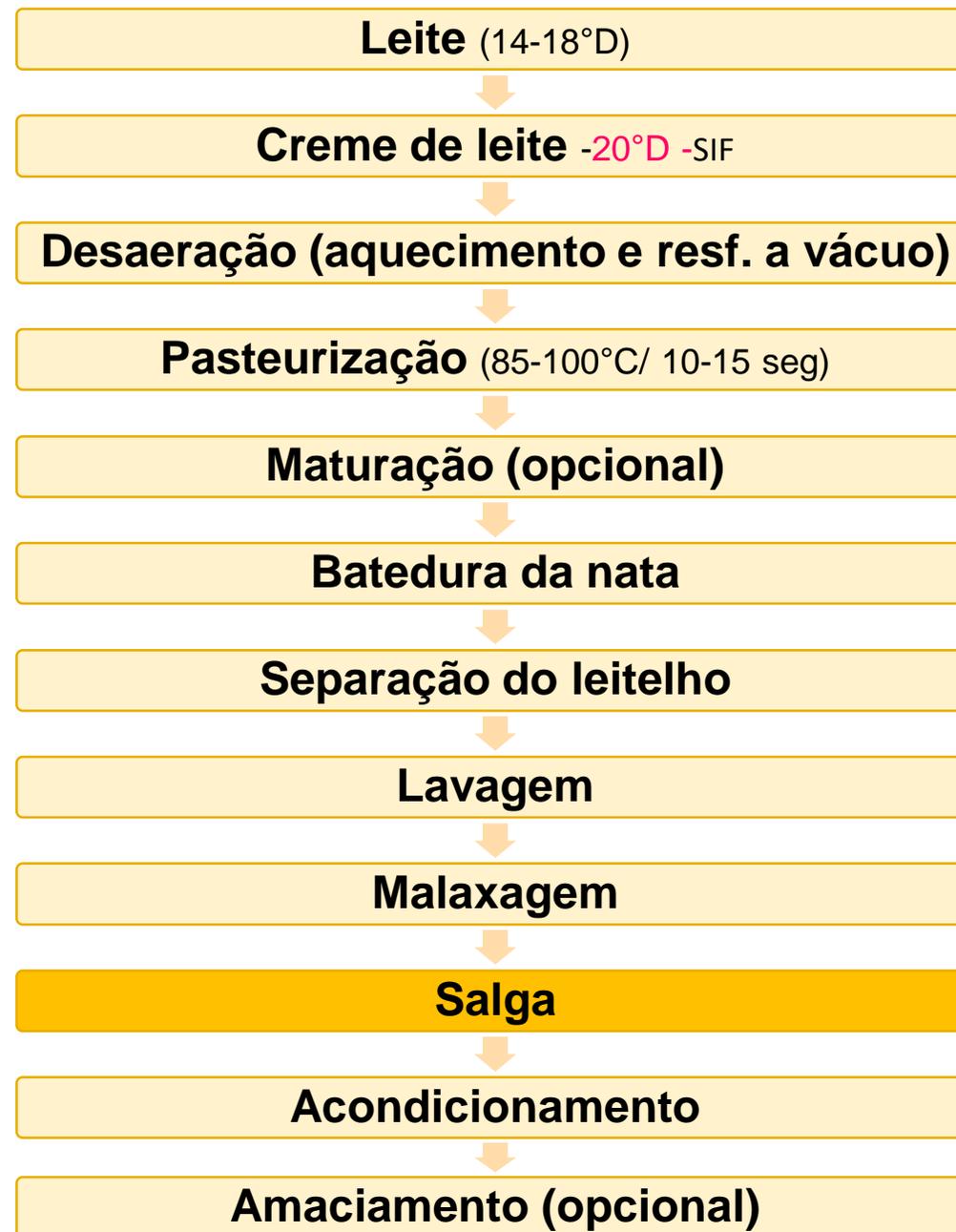
Resfriamento lento em fases
Frio-calor-frio

**Maior incorporação de ar
Textura cremosa e suave**

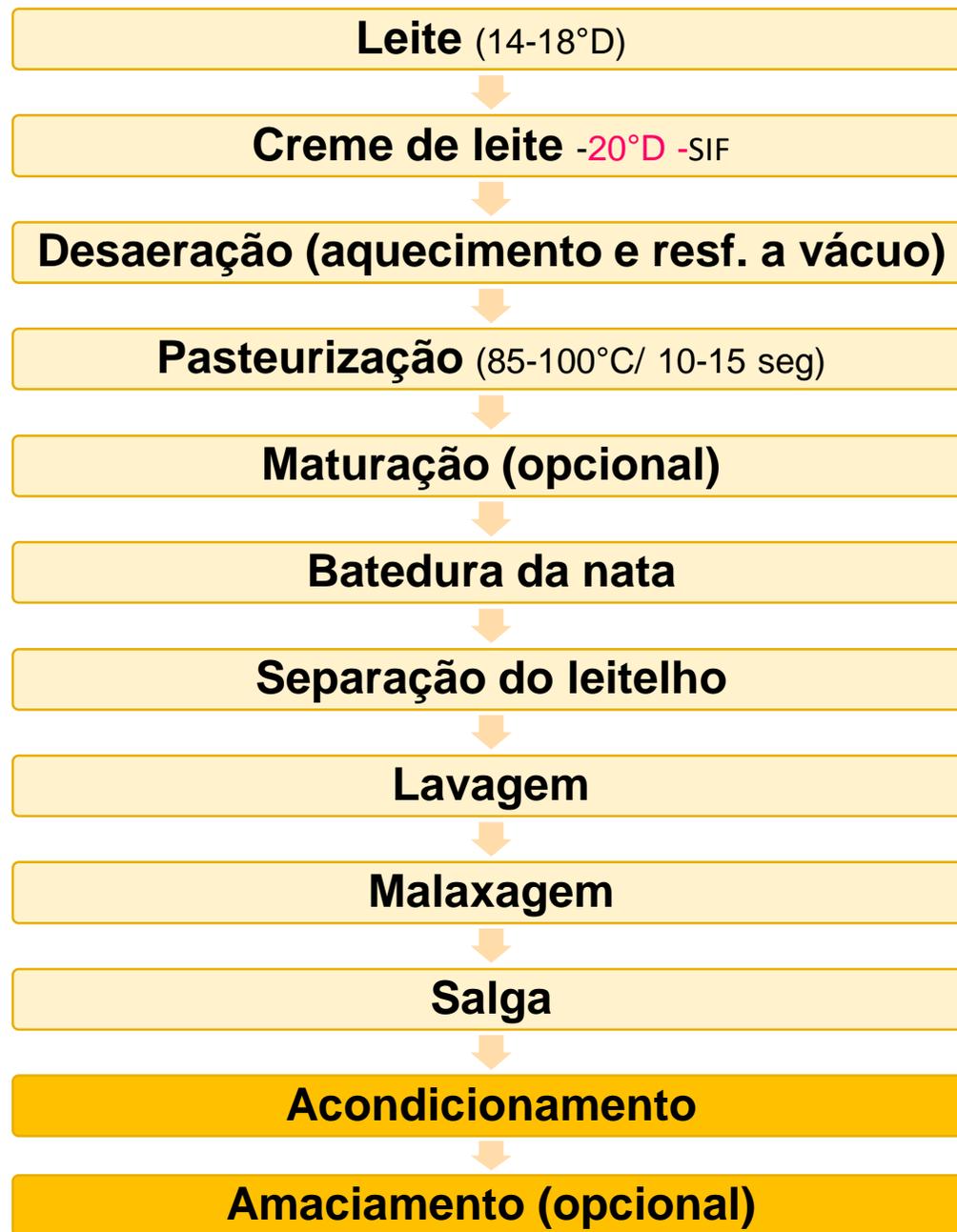
□ **Forma β** → **cristais > 50 μm** →

Resfriamento brusco único

**Produtos granulados, duros,
quebradiços e opacos**



**Teor máximo de cloreto
de sódio de 3% (m/m)**



- Teor máximo de umidade de 16% (m/m), admitindo-se o teor de 18% (m/m) na variedade não salgada do produto

- Teor mínimo de gordura de 80%

II.6. Permite-se a **adição dos seguintes corantes naturais ou sintéticos**, idênticos aos naturais, em quantidades suficientes para obter o efeito desejado: Bixa orelana, beta caroteno e cúrcuma ou curcumina;

Qualidade microbiológica

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABSTECIMENTO

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

RESOLUÇÃO Nº 4, DE 28 DE JUNHO DE 2000

I.3.6. Microrganismos coliformes a 30°C, UFC/grama: $n = 5$; $c = 2$; $m = 10$; $M = 100$;

I.3.7. Microrganismos coliformes a 45°C, UFC/grama: $n = 5$; $c = 2$; $m < 3$; $M = 10$;

I.3.8. Salmonella sp. /25 gramas : $n = 5$; $c = 0$; $m = 0$;

I.3.9. Estafilococos coagulase positivos, UFC/grama: $n = 5$; $c = 1$; $m = 10$; $M = 100$;

I.3.10. Bolores e Leveduras, UFC / grama : $n = 5$; $c = 2$; $m = 103$; $M = 104$ (*).

(*): Nível Máximo Recomendado, como Índice de Qualidade, sem valor como Critério Oficial de Julgamento.

Diferença entre manteiga e margarina



- **Manteiga** → inversão de fase de gordura animal
- **Margarina**

Hidrogenação (saturação de gorduras insaturadas vegetais)

Fracionamento (retirada das frações insaturadas de gorduras vegetais)

Interesterificação (alteração da posição dos AG nos TAG de o. vegetais)



Curiosidade

• Manteiga, de vilão à herói?

- Consumo per capita anual Brasil: 0,4kg
 - Bulgaria: 0,9kg
 - Romenia: 1,2kg
 - Russia: 2,4kg
 - EUA: 2,5 kg
 - Austrália: 4,0kg
 - Suíça: 5,3
 - França: 8,3kg
- TOP 3 países com **menor** taxa de mortes por doenças cardiovasculares: França, Austrália e Suíça.
- TOP 3 País com **maior** taxa de mortes por doenças cardiovasculares: Rússia, Bulgária, Romenia.

Diversos trabalhos de meta-análise e estudos clínicos de longa duração não tem achado correlação alguma entre consumo de gordura saturada e doenças cardiovasculares (TARINO et al. 2010; CHOWDHURY et al. 2014; PEDOE et al. 2008)



“Paradoxo francês”
Altíssimo consumo de gordura animal X Saúde e longevidade

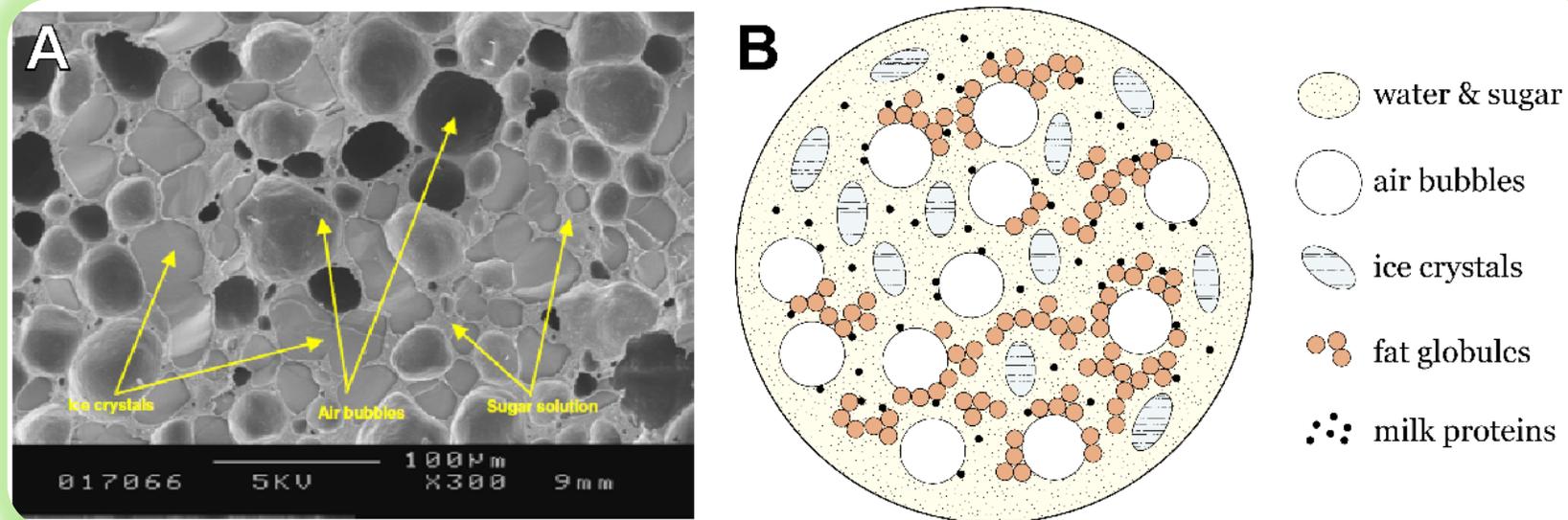
Sorvete

- São os gelados comestíveis elaborados basicamente com **leite** e ou derivados lácteos e ou outras matérias primas alimentares e nos quais os teores de gordura e ou proteína são total ou parcialmente de origem não láctea (Portaria Nº 379, de 26 de abril de 1999 – Anvisa)
- Preparado alimentício levado a um estado sólido, semi-sólido ou pastoso por congelamento simultâneo ou posterior à mistura das matérias primas, e que deve manter o grau de plasticidade e de congelamento até o momento da venda (Ordenez, 2005).
- A soft, sweet frozen food made with **milk** and **cream** and typically flavoured with vanilla, fruit, or other ingredients (Oxford dictionary, 2016).



Estrutura

- Mistura complexa: Emulsão, Gel, suspensão e espuma cuja coesão é mantida pelo congelamento.
- Estruturalmente é uma espuma na qual as bolhas de ar estão cobertas por cristais de gelo, glóbulos de gordura (parcialmente coalescidos) e cristais de lactose.

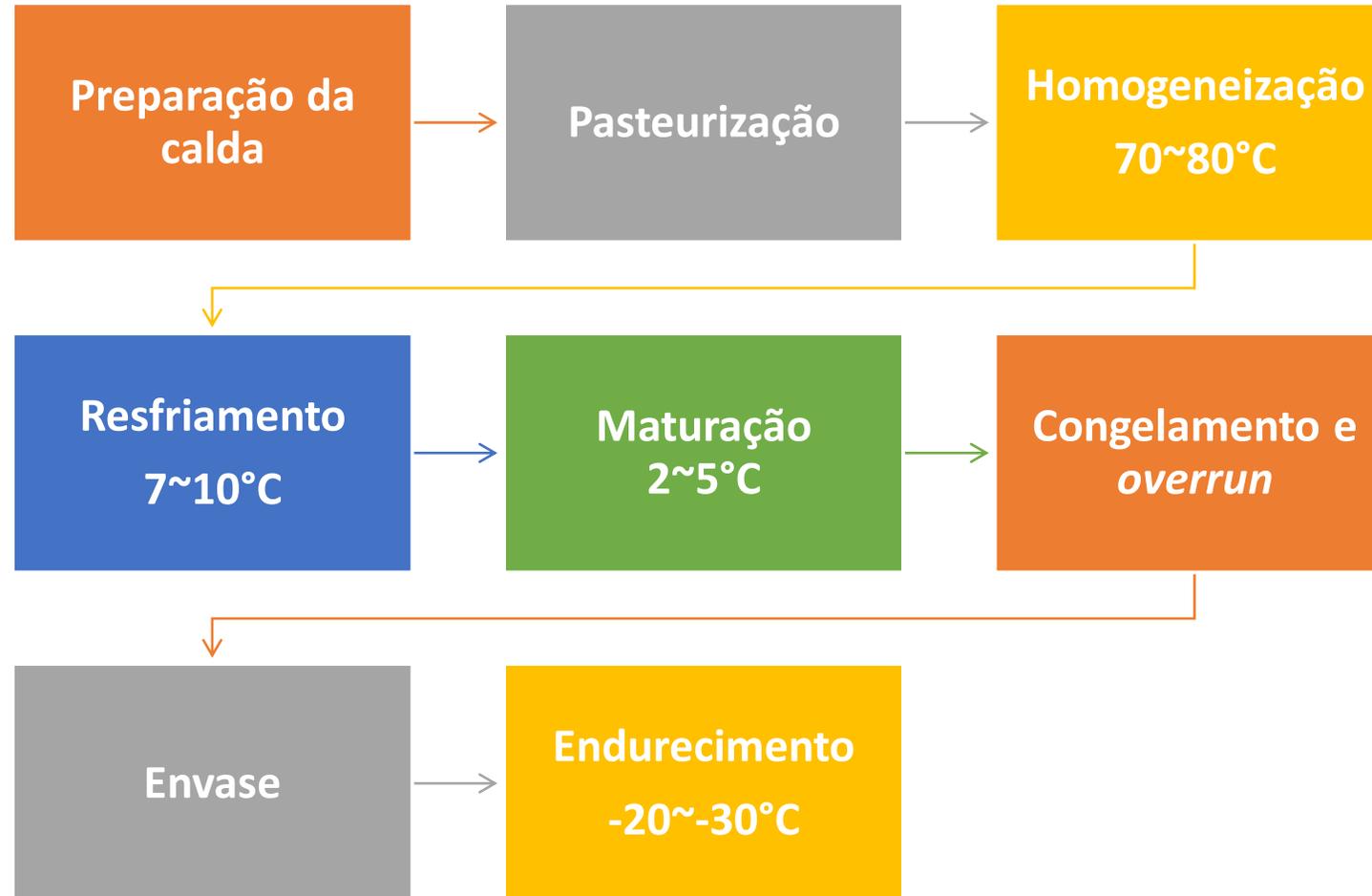


- **COMPONENTES: Leite (Proteína, Gordura, lactose) → 60%**

- **Gordura:** confere cremosidade, proporciona textura suave e estabilidade ao derretimento.
- **Proteínas:** confere palatabilidade, abaixa o ponto de congelamento (adsorvendo água) e estabiliza a espuma tendo efeito emulsificante.
- **Açúcares:** proporcionam dulçor, aumentam viscosidade e ponto de congelamento
- **Estabilizantes:** formam-se pela integração de emulsificantes (mono e diglicerídeos) que aumentam o elo entre fase aquosa-gordurosa e espessantes (carragenatos e gomas) que retêm maior quantidade de água.
- **Cristais de gelo:** estabilizam a estrutura e dão sensação de frescor (congelamento deve ser rápido e sob agitação para reduzir tamanho dos cristais)
- **Bolhas de ar:** o chamado “Overrun” diz respeito à quantidade de ar incorporado ao sorvete (podendo ser de até 100% por legislação) e confere leveza e maciez.
- **Aromas, corantes e acidulantes:** realçam e mascaram aspectos sensoriais.



Processo de fabricação

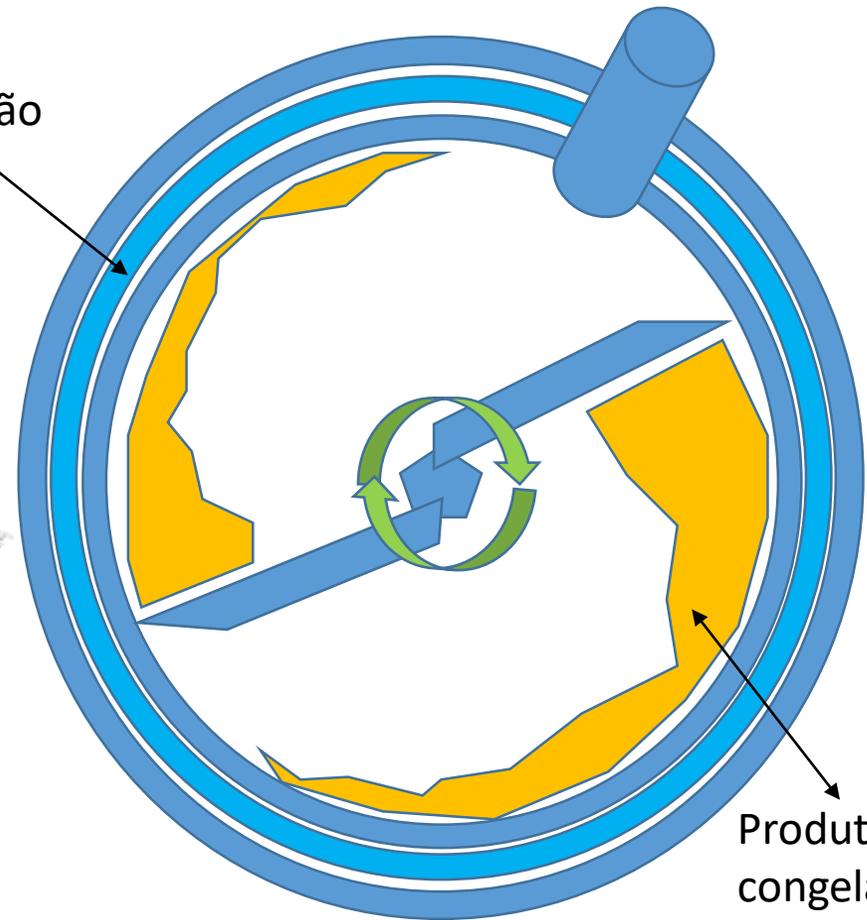


Fabricação industrial



Refrigeração

Alimentação
com calda



Produto
congelado

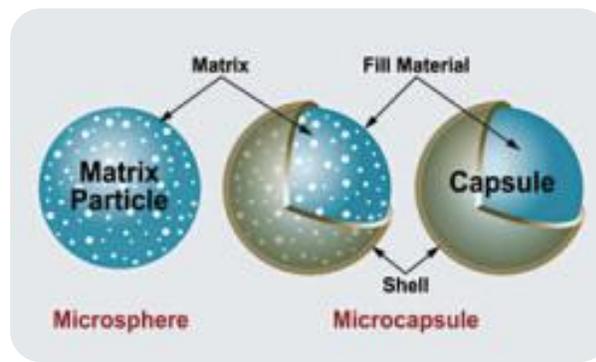
Qualidade do sorvete

- Tamanho dos glóbulos de gordura
- Tamanho dos cristais de gelo
- Células de ar
- Porções não congeladas

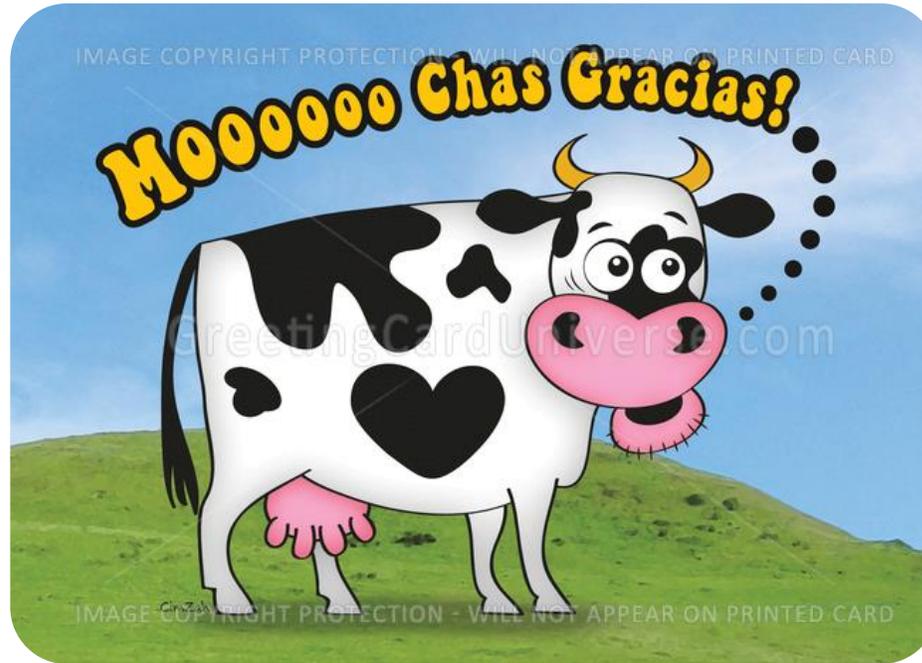


Outros usos pra gordura do leite

- Material microencapsulante de probióticos e antioxidantes (Spray-chilling)
- Cosméticos (Alto poder emoliente e ponto de fusão próximo da pele)
- Fonte de emulsificantes poderosos (Membrana do glóbulo descartada no leiteiro)
- Fonte de enzimas (Membrana do glóbulo)



Obrigada!



- Bibliografia recomendada: Tecnologia de Alimentos, Ordonez, 2005 (Cap 1 e 6)
- Slides em PDF no STOA
- Plantão de dúvidas para P2 dia 07/11? (Enviar e-mail: bruno.galli@usp.br)