

『生乳の理化学的性状』

スライドの構成

- 「生乳の科学」のポイント
- 生乳の成分組成
- 乳質が乳製品に及ぼす影響
- 乳・乳製品の理化学的性質
- 参考情報

内容について

- 内容は「生乳取扱者技術必携」からオンライン用に抜粋し、該当するページを《 》に記入しました。
- 問を入れたので、必携や他の参考書などを見て正解を求めて下さい。効果測定と関連する問もあります。



1

「生乳の科学」を理解するためのポイント

A 理化学的な性質

1. 生乳・牛乳は白い（コロイド分散と光の散乱）
2. 水に溶けにくい物質（脂肪）も安定に分散
3. クリーム（乳脂肪）は浮く（比重の違い）
4. 生乳・牛乳は固まる

B 生物学的な性質

1. 生乳・牛乳は栄養価の高い「なまもの」
2. 栄養成分だけではなく、機能性成分も含む
3. 牛のミルクを人が摂取している（育児用ミルクの必要性）
4. 美味しさは複合的な要因

2

2

A1コロイド

牛乳を水に落とすと

塩や砂糖では透明になる

しかし

牛乳は水に溶けない！



《p.58図-12》

生乳 (×1倍)



3

3

A1コロイド

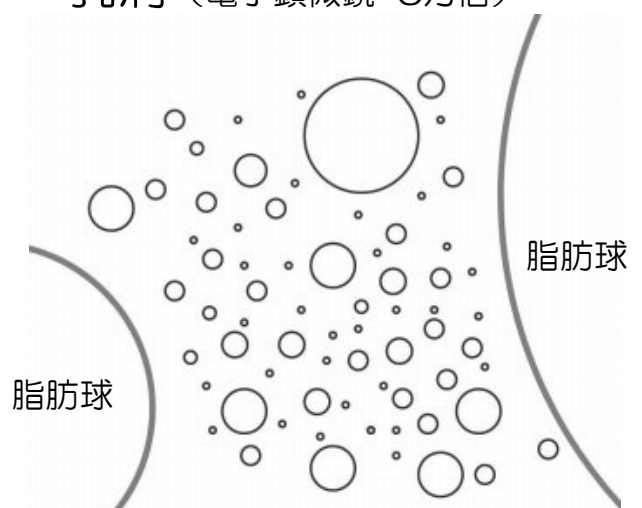
乳漿 (光学顕微鏡 500倍)



脂肪球が見えてくる

(ホエイ)

乳清 (電子顕微鏡 5万倍)



カゼインミセルが見えてくる

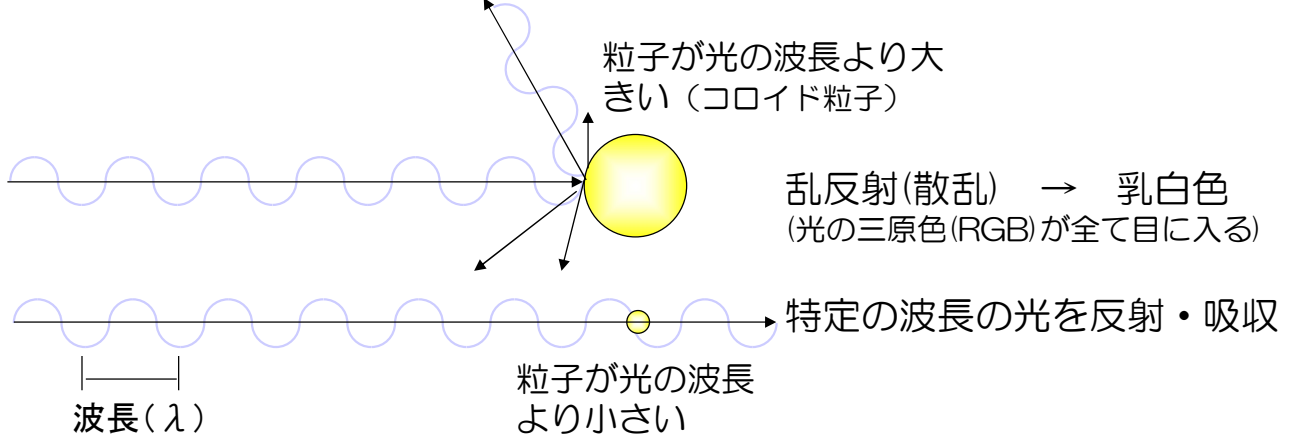
“Dairy Science & Tehnology” 2nd ed.(Taylor & Francis, 2006)

4

4

A1コロイド

コロイド粒子と光の散乱



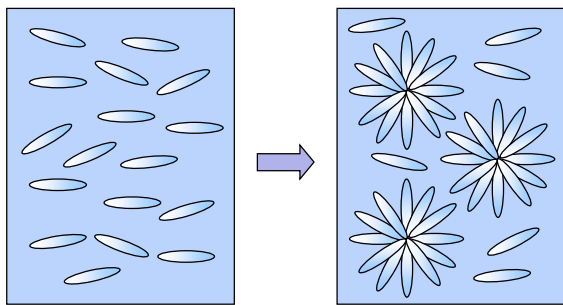
ホエイは薄黄緑色 (蛍光) —— リボフラビン (ビタミンB₂) の色
クリームはやや黄色 —— カロテン (カロチン) の色

5

5

A2分散

なぜ大きな粒子状なのか？



個別に分散

ミセル状で分散

水分子は熱運動で動き回り、分散している粒子に不規則に衝突している。

- 単独よりもミセル状の方がより多くの物質を溶かす(分散させる)ことができる
- 水に溶けにくい物質も分散させることができる(乳化・可溶化)

参考

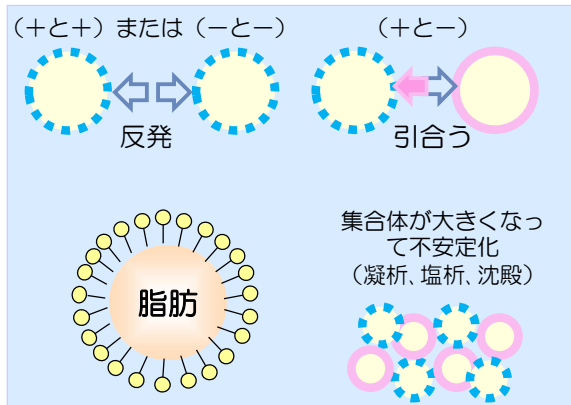
- ミセルはコロイド状態の一つ
- コロイドの分類 (疎水コロイド、親水コロイド、分子コロイド)
- チンダル現象、ブラウン運動
- 凝析、塩析
- 保護コロイド

6

6

A2分散

大きな粒子なのに何故安定に分散？



- 表面の性質が重要 (→水和状態)
- 溶媒が水の場合、粒子の外側が親水性
- 解離基があり、イオン化する場合
- 同じ荷電同士 (+と+, -と-) は反発しあう
- +と-のように極性が違えば引合う
- 溶けにくい物質も安定に分散 (脂肪球の場合)

7

A3比重

クリーム (乳脂肪) は浮く



ウェストファリア セパレーター社製
手動遠心分離機 GA50型 1946年製
(森永乳業(株)所蔵)

- クリーム(乳脂肪)は脱脂乳より比重が小さい
- 静置しておくとクリームが浮上
- 脂肪は水に溶けないので、膜に包まれて分散
- これを脂肪球といい、囲んでいるのが脂肪球膜 (脂肪球皮膜)

比重の違い

《p.58表Ⅲ-7》

| | | |
|--------|-------------|--------|
| 牛乳(生乳) | 1.028~1.034 | |
| 脱脂乳 | 1.032~1.036 | ⇐ 最も重い |
| クリーム | 0.93 | ⇐ 最も軽い |

《p.59》

8

8

乳児の健全な生育のため

高い栄養価の食品素材

- 生乳は魚・肉・野菜・穀類などと同じ食品素材の一つ
- 優れた栄養源
- 微生物にとっても格好の栄養源
- 品質の保持が重要
 - 衛生面(微生物汚染)に留意
 - 生乳・牛乳は『生もの』

成長に必要な各種の成分

- 栄養源・エネルギー源として
 - カゼイン、乳脂肪、乳糖
- 成長を支える因子
 - 初乳中の免疫グロブリン
 - その他の感染防御物質
 - ラクトフェリン、ラクトパーオキシダーゼ、リゾチーム
- ビタミン類、無機質(Ca, P)、ほか

9

9

問1 下記の4つの成分または物質について、比重の大きいものから順に並べなさい。

A.生乳(牛乳) B.脱脂乳 C.乳脂肪 D.水(純水)

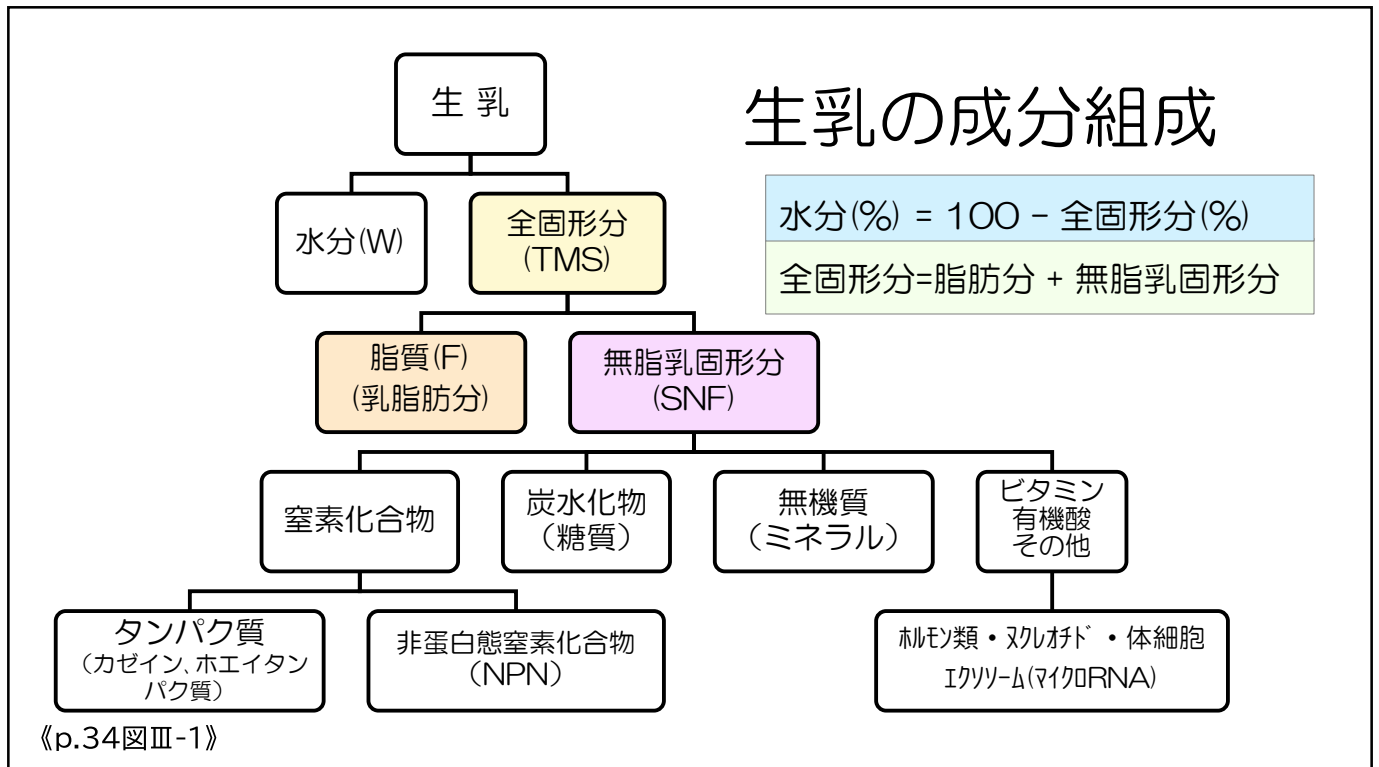
> > >

10

生乳の成分組成

成分全般・タンパク質・脂肪・
糖・無機質・ビタミン

11

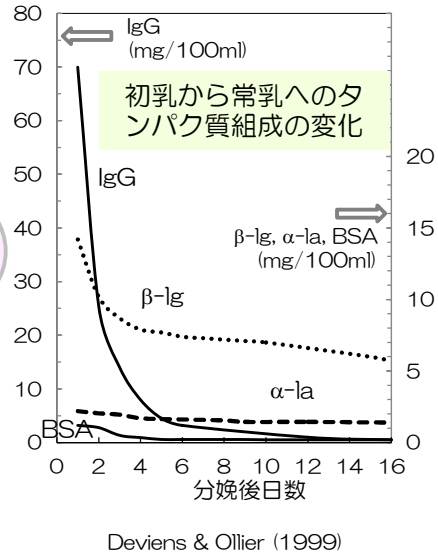


12

初乳・常乳・異常乳

- 初乳
 - 分娩後5日以内のもの（乳等省令）
 - 組成が常乳と異なる（右図を参照→）
- 常乳
- 末期乳（組成が常乳と異なる）
- 異常乳
 - 生理的異常乳（初乳、末期乳）
 - 成分規格での異常乳（2等乳）
 - 病理的異常乳（乳房炎乳）

出荷できるのは常乳だけ



《p.35》

牛と人の乳成分含量の比較

| | 牛* | 人 |
|-------|-------|-------|
| 水分 | 87.7g | 88.0g |
| タンパク質 | 3.2 | 1.1 |
| 脂質 | 3.7 | 3.5 |
| 炭水化物 | 4.7 | 7.2 |
| 灰分** | 0.7 | 0.2 |

* 生乳（ホルスタイン）100g当りの量
 **無機質あるいはミネラル
 （2020年版八訂日本食品標準成分表より）

牛乳では

- 炭水化物（乳糖）が人より少ない
- ⊙ タンパク質（カゼイン成分）が多い
- ⊙ 灰分（無機質・ミネラル）が多い



胃の中で固まりやすい（乳児の場合）

- 母乳よりも固いカードができる
- 乳児の消化への負担が大きい



育児用調製粉乳の開発

《p.36表Ⅲ-1》

問2 生乳の全固形分の値が12.5%、脂肪率が3.7%であったとする。無脂乳固形分の値はどれか？

- A 12.5%
- B 87.5%
- C 8.8%

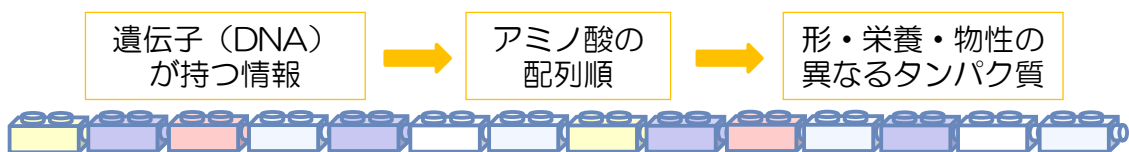
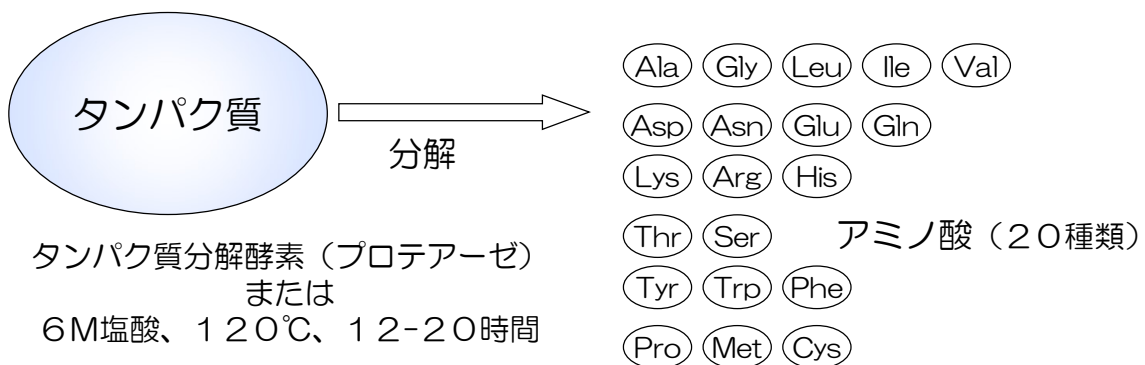
問3 牛と人の乳組成に関する文章で間違っているものはどれか？

(複数回答可)

- A 固形分含量はほぼ同じ。
- B 炭水化物は牛の方が多い。
- C 無機質含量は人の方が多い。

15

タンパク質はアミノ酸の連なり



《p.42図Ⅲ-7》

16

16

牛乳の主なタンパク質

カゼイン（ミセルとして存在）

- 主なカゼインは3種類(α_s , β , κ)
 - さまざまな変異体がある
- 会合し易い（凝集、凝固、ゲル化）
- 加熱しても構造変化が少ない
- 胃に比較的長く滞留（胃酸で固まる）
- 消化酵素の作用を受けやすい
- もっぱら栄養となる

ホエイタンパク質

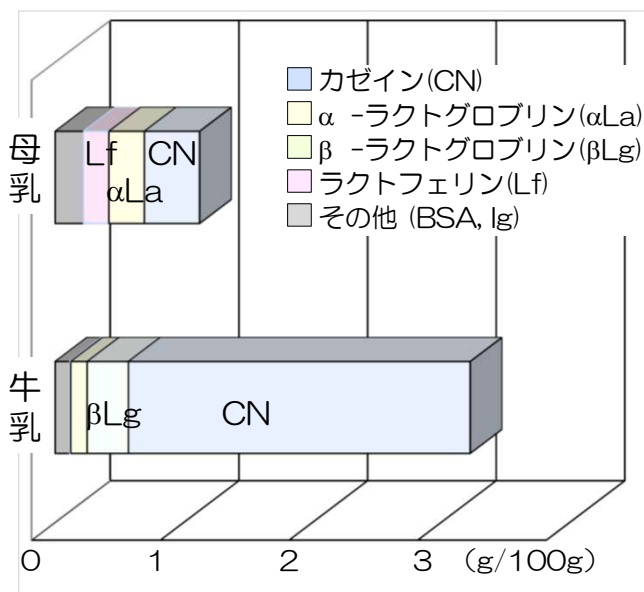
- 生理的な活性を示すものが多い
- 立体構造が球形や楕円形
- 熱で形が変わる（変性・失活）
- 主なホエイタンパク質
 - β -ラクトグロブリン(β -Lg)、 α -ラクトアルブミン(α -La)、血清アルブミン(BSA)、ラクトフェリン(Lf)、ラクトパーオキシダーゼ(LPO)、免疫グロブリン(Ig)、リパーゼ、フォスファターゼ、その他の酵素類、各種ペプチドなど

《p.41-51》

17

17

母乳と牛乳のタンパク質含量比較



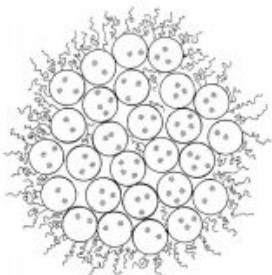
《p.42表Ⅲ-3》

- 牛乳
 - カゼイン (CN) が多い
 - β ラクトグロブリン(β Lg)が2位
- 母乳
 - タンパク質は牛乳の約1/3
 - カゼインあるが少ない
 - β ラクトグロブリン(β Lg)が無い
 - α ラクトアルブミン(α La)が多い
 - ラクトフェリン(Lf)も多い

18

18

カゼインはミセルで存在



サブミセル
モデル

Walstra, P. (1999)



ナノクラスター
モデル

Holt, C. (2016)

カゼインミセルには主に2つのモデル
があり、まだ決着がついていない。

観測手段が限
られている

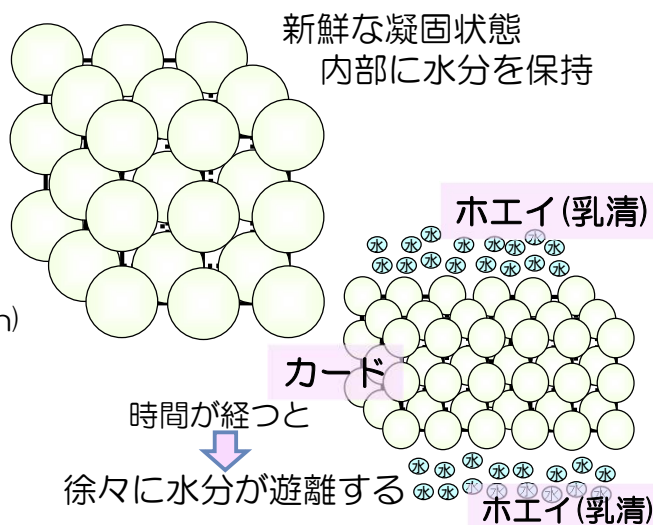
| カゼインミセル | |
|---------|---|
| 直径 | 50~280 nm (平均 140 nm) |
| 体積 | $1.4 \times 10^6 \text{ nm}^3$ |
| 重量 | $6 \times 10^8 \text{ Da}$ |
| 個数 | $5 \sim 15 \times 10^{12} \text{ 個/ml}$ |

水素結合・イオン結合・疎水的相互作用
ファンデルワール引カ・リン酸カルシウムによる架橋
複雑に絡む
多くの要因

《p.43図Ⅲ-8》

カゼインミセルは固まる

- 固まる要因
 - 酸(pH4.5-4.6、等電点沈殿)
 - 凝乳酵素(レンネット)
 - カルシウム(Ca^{++})イオン
- いろいろな言い方
 - 凝固、凝集 (coagulation, aggregation)
 - 凝乳 (curdling)
 - シネレシス (syneresis)
 - クロッキング (clotting)



時間が経つと
徐々に水分が遊離する

《p.44-45囲み記事》

仁木良哉「牛乳タンパク質の物性」
New Food Industry, 22(11) 2-16 (1980)

問4 牛乳からカゼイン画分を得る方法は複数ある。次の方法で得られるカゼインはそれぞれ何というか。

| カゼインを得る方法 | 得られたカゼインの呼び方 |
|---|--------------|
| 脱脂乳に酸溶液を加えてpHを4.5-4.6にし、沈殿させて得られるカゼイン画分 | |
| チーズ製造の時に用いる凝乳酵素を脱脂乳に加え、凝固させて得られるカゼイン画分 | |

21

カゼインの種類および性質(1)

α s-カゼイン (分子量2.2-2.5万)

- α s1-カゼイン(全カゼインの40%)
- α s2-カゼイン(全カゼインの10%)
- それぞれに遺伝的変異体(A, B, C, D)
 - DNAの塩基の一部が変異し、アミノ酸が置換
- Caイオンで沈殿(リン酸基が多いため)
- 母乳には無い ⇒ 牛乳アレルギー

(分析技術の進展で、 α -カゼインは α s-カゼインと κ -カゼインの混合物であることが分かり、さらに細かな違いも判明してきた)

κ -カゼイン (分子量1.9万)

- カゼイン全体の8-15%
- Caイオンがあっても沈殿しない
- カゼインミセルの表面でCaイオン感受性のカゼインを保護
- 糖鎖が結合した親水性部分がある
- チーズ製造に大きな役割
 - 凝乳酵素の最初の標的
 - 糖ペプチドが遊離し、疎水的になる
 - ミセルの安定性が失われ、凝集(クロッティング)が始まる

《p.45-47》

22

22

カゼインの種類および性質(2)

β-カゼイン (分子量2.4万)

- α_s-カゼインの次に多い
- カゼイン全体の25-35%
- 低温で解離、室温で会合・凝集
 - 疎水性アミノ酸が多いため
- リン酸基を持つ
- 遺伝的変異体(A1,A2,A3,B, B2,C,D,E)
- 母乳カゼインの大半がβ-カゼイン

《p.45-47》

カゼイン由来のペプチド

- 消化酵素による分解で生成する断片(ペプチド)が生理的な機能を発揮
- 生理活性を示す多様なペプチド
 - カルシウム吸収促進ペプチド(CPP)
 - 免疫賦活、血圧降下、その他いろいろ
 - 苦味ペプチド(チーズ熟成の初期に)
 - 抗原性の消失→アレルギー性低減ミルク
- β-カゼインから生成するβ-カゾモルフィン^βは、遺伝的変異体A2からは生成しない(酵素による切断部位のアミノ酸が置換しているため)。最近、目にするものがある「A2ミルク」。

23

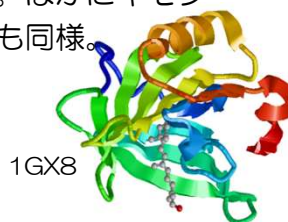
23

ホエイタンパク質の種類および性質(1)

β-ラクトグロブリン

- カゼインに次いで多く含まれる
- 分子量は1.8万(牛乳中では二量体)
- 役割は不明(レチノールを結合)
- 母乳にはない ⇒ 牛乳アレルギーの原因

人でもβ-Lgの遺伝子はあるが、タンパク質として発現していない。ほかにキモシンやビタミンC合成酵素も同様。(偽遺伝子)

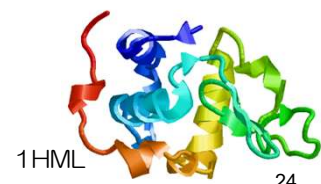


α-ラクトアルブミン

- 分子量は1.4万
- 乳糖合成の一翼を担う
- 構造がリゾチームに似ている

⇒ 母乳に多い (乳児に必須か?)

- カゼインに次ぐ2番目で、ヒトのホエイタンパク質中で最も多い



24

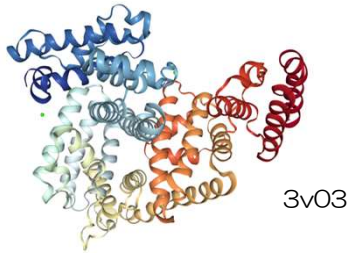
《p.47-48》

24

ホエイタンパク質の種類および性質(2)

血清アルブミン

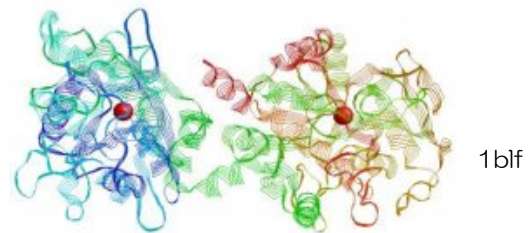
- 分子量は6.6万
- 血液中に多い
- 様々な物質を結合し輸送を担う



《p.49-50》

ラクトフェリン

- 分子量は8万
- 牛乳より母乳に多い
- 多機能で乳児の発育に必須
- 各種の分泌液や血液にも含まれる

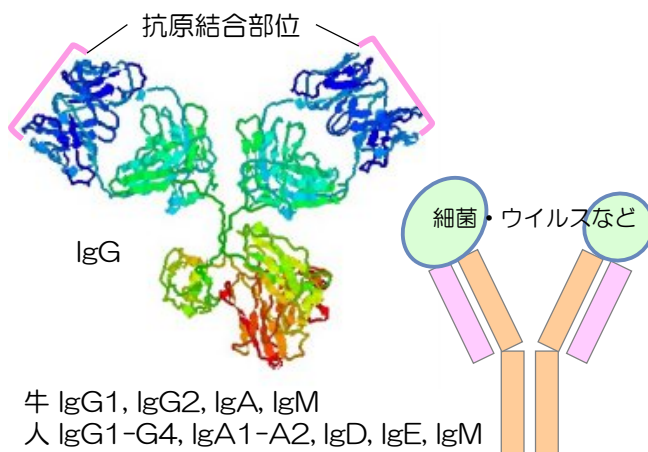


25

25

ホエイタンパク質の種類および性質(3)

免疫グロブリン



牛 IgG1, IgG2, IgA, IgM
 人 IgG1-G4, IgA1-A2, IgD, IgE, IgM
 およその分子量
 IgG 15万、sIgA 30万、IgM 100万

《p.49》

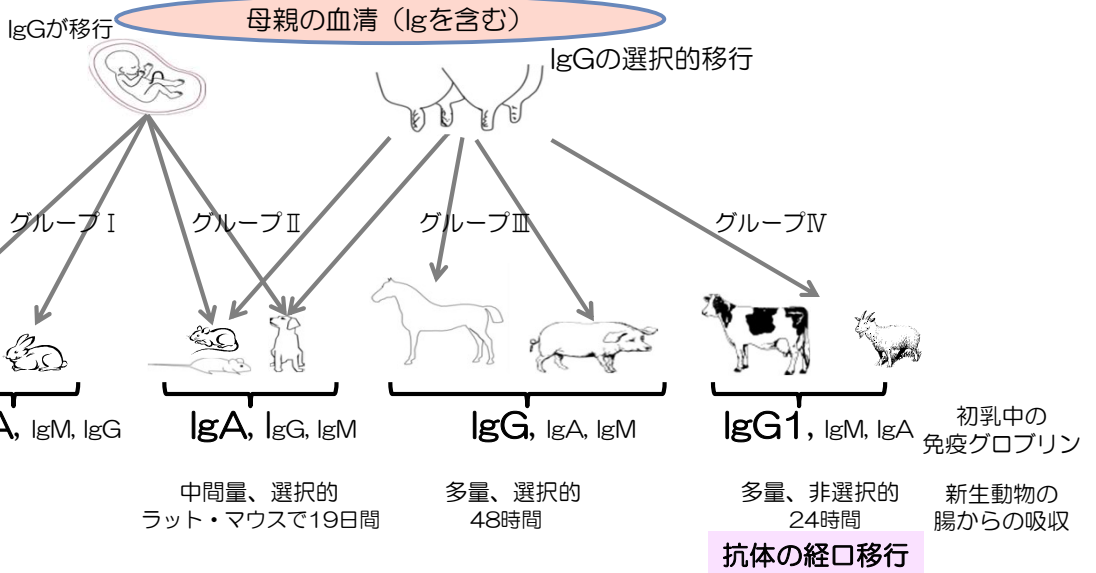
- 抗体 (ターゲットになる物質が抗原)
- 病原菌やウイルスに特異的に結合して不活化し、感染を防ぐ
- 牛も人も初乳中に高濃度で含まれる
- 牛ではIgGが主体 (全身性免疫)
 - 子牛は初乳からIgGを得る(経口移行する)
 - 生まれたばかりの子牛には初乳が必要
- 人では分泌型IgAが主体 (消化管免疫)
 - 胎児の時にIgGを、初乳からsIgAを得る (次のスライドを参照)

26

26

母から子への抗体移行の比較

Butler (1973)より



27

母乳と抗体

母子は同じ環境にいるのでこのシステムが有効に働く

すくすくカルテ

授乳中のコロナワクチン 赤ちゃんを守る効果ある?

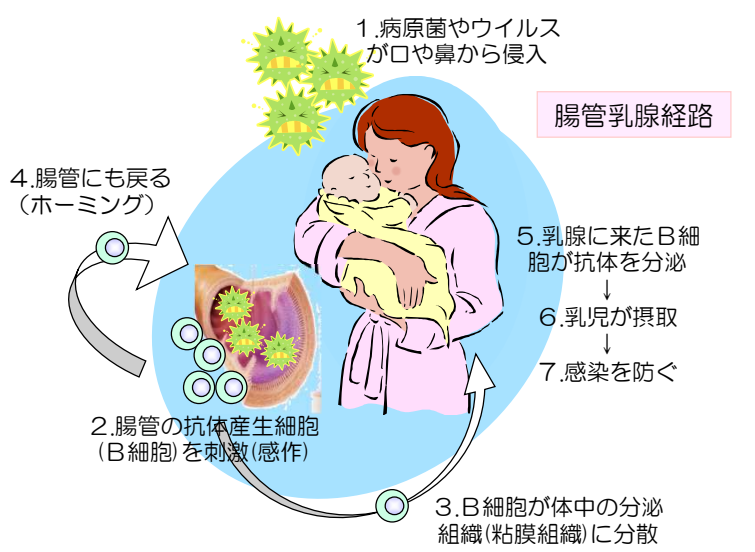
A 私のクリニックでは母乳が来た赤ちゃんにもワクチン接種を勧め、授乳中の子には母乳に抗体が移行することを伝えています。授乳中の子には母乳が来た赤ちゃんにもワクチン接種を勧め、授乳中の子には母乳に抗体が移行することを伝えています。

Q 3か月の子に授乳中ですが、新型コロナウィルスのワクチン接種を考えています。授乳中の子は母乳に抗体が移行して赤ちゃんを守る効果があると思いますが、本当でしょうか。

母乳に抗体 感染予防の可能性

母乳には抗体が移行し、赤ちゃんを守る効果があると考えられています。ただし、その効果は母乳の成分や授乳の方法によっても異なります。

授乳中に母乳に抗体が移行する仕組みは、母乳中の抗体が赤ちゃんの腸管に吸収されることです。授乳中に母乳に抗体が移行する仕組みは、母乳中の抗体が赤ちゃんの腸管に吸収されることです。



北海道新聞 2021年10月8日

28

28

問5 乳タンパク質に関する以下の文章で、正しい内容のものを選びなさい。
(複数回答可)

- A. κ -カゼインは、カルシウムイオンを加えても沈殿しにくい。
- B. β -ラクトグロブリンは熱によって変性しにくい。
- C. 「抗体」といわれるタンパク質は、免疫グロブリンである。
- D. α -ラクトアルブミンは牛より人のミルクに多い。
- E. ホエイタンパク質がカゼインミセルの本体である。

29

脂肪球と脂肪球膜（脂肪球皮膜）

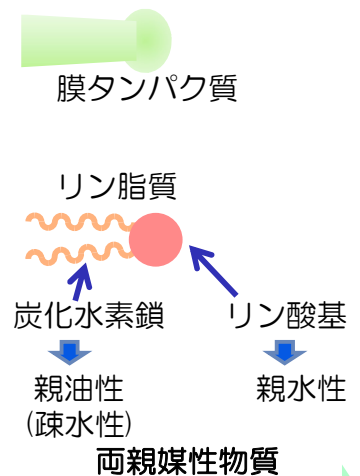
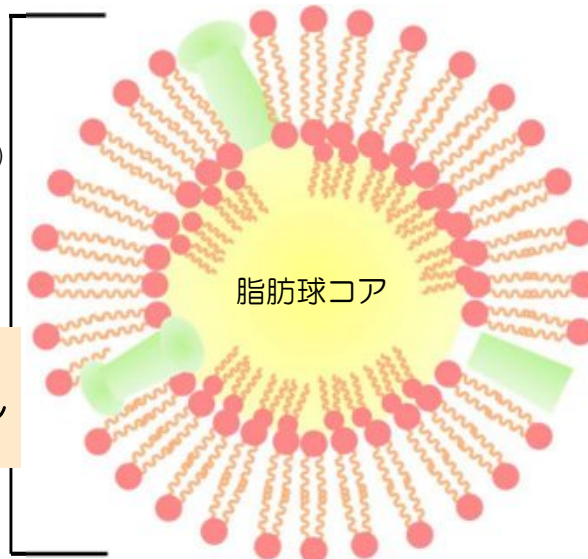
TetraPak Dairy Processing Handbook Fig.2.35を改変

脂肪球の直径
0.1~20 μm
(100~20,000 nm)

脂肪球膜の厚さ
5-20 nm

脂肪球コア

- トリアシルグリセロール
- 脂溶性ビタミンなど

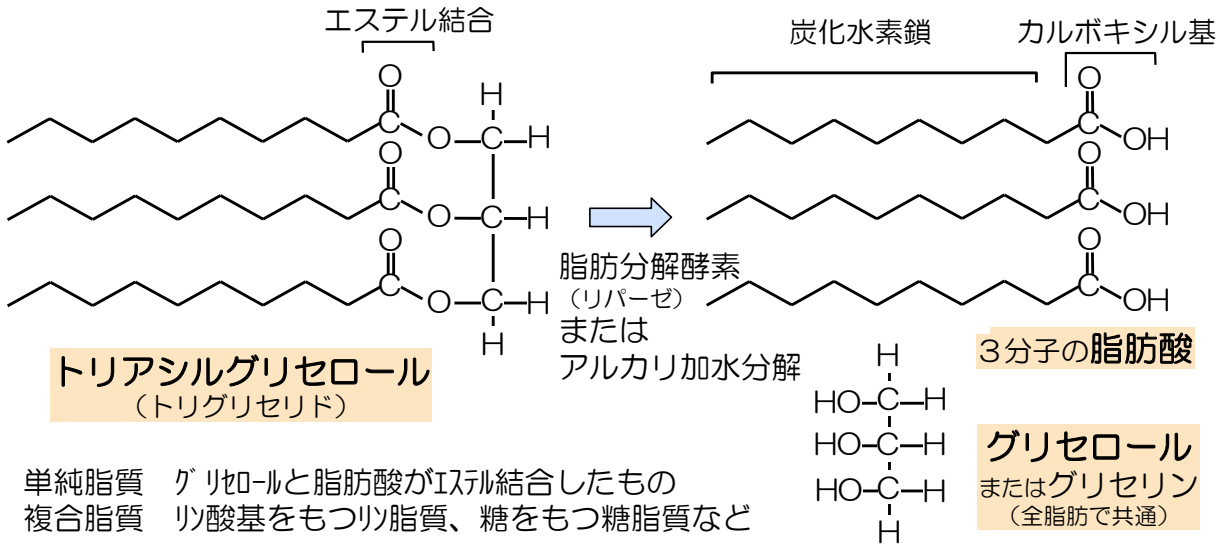


《p.37図Ⅲ-4》

30

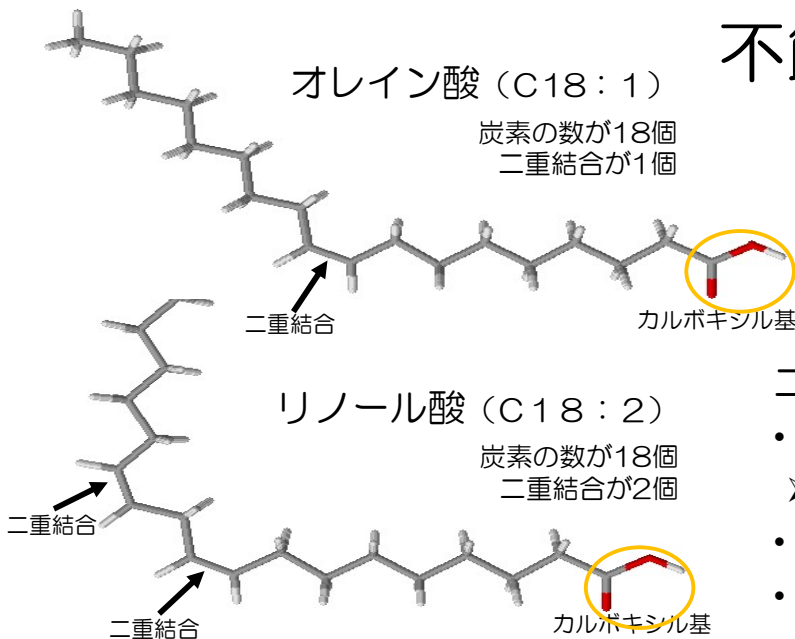
30

単純脂質の化学構造



《p.38図Ⅲ-5》

不飽和脂肪酸の例



オレイン酸とリノール酸

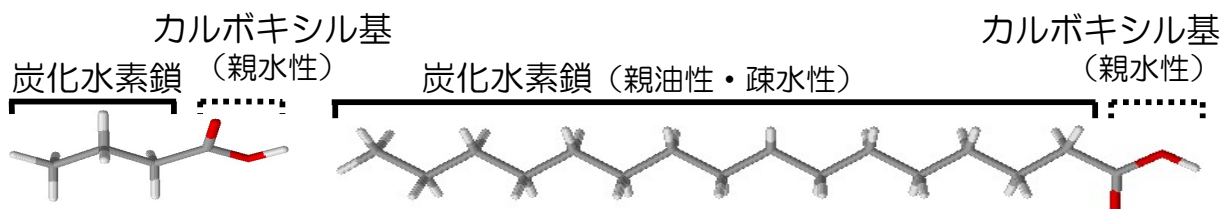
- どちらも炭素の数が18個
- 二重結合の数が異なる
- 二重結合ないと直鎖状

二重結合(不飽和結合)があると

- 自由に回転できず折れ曲がる
 - 異性体(シス・トランス)ができる
- 融点や反応性も変化
- 生理的な活性が違う
- カロリー(エネルギー)は変化なし

《p.38図Ⅲ-6》

脂肪酸の構造と性質



炭素数が少ない…短鎖脂肪酸（低級脂肪酸）
炭素数が多い……長鎖脂肪酸（高級脂肪酸）

炭素数(鎖長)と二重結合の有無で脂肪酸や油脂の性質が異なる

| | | 鎖長 | 融点 | 液体/固体 | 身近な例 |
|-----------------|-----|----|----|-------|-----------|
| 炭素数 | 少ない | 短い | 低い | 液体 | |
| | 多い | 長い | 高い | 固体 | バター・和ローソク |
| 不飽和結合 (二重結合) | あり | 長い | 低い | 液体 | テンプラ油 |
| | なし | 長い | 高い | 固体 | |

33

33

乳脂肪の主な構成脂肪酸とそれらの性質

| 脂肪酸の名称 | 炭素数 | 水に溶ける？ | 揮発性？ |
|---------------------|-----|--------|-----------|
| 酪酸 | 4 | 可溶性 | |
| カブロン酸 ⇒ 脂肪分解臭(ラクトド) | 6 | 難溶性 | 揮発性 (VFA) |
| カプリル酸 | 8 | | |
| カプリン酸 | 10 | | |
| ラウリン酸 | 12 | 不溶性 | 難揮発性 |
| ミリスチン酸 | 14 | | |
| ペンタデシル酸 (ペンタデカン酸) | 15 | | |
| パルミチン酸 | 16 | | |
| ヘプタデシル酸 (ヘプタデカン酸) | 17 | | |
| ステアリン酸・オレイン酸 | 18 | | |
| リノール酸・リノレン酸 | 18 | | 不揮発性 |

牛乳ではオレイン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、ミリスチン酸などが多く(人乳ではリノール酸も多い) 太字は不飽和脂肪酸

34

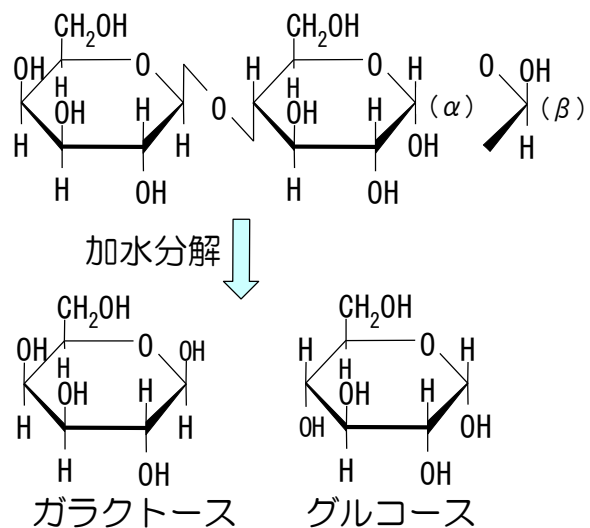
問6 脂肪に関するA～Dの各文章に対応する正しい単語を、カッコの中から選びなさい。

- A. 遊離脂肪酸の指標となる数値 (酸度・酸価・pH)
- B. 脂肪分解酵素のこと (プロテアーゼ・リパーゼ)
- C. 水より油に馴染む性質のこと (親水性・疎水性)
- D. 脂肪を分解すると脂肪酸と何になる? (グルコース・グリセロール)

35

乳糖 (ミルクに特異的な糖質)

- 牛乳に約4.5%(人乳では約7%)
- 二糖類
- 還元性を示す (リッ・イッ法で利用)
- 乳糖分解酵素 (ラクターゼ) がガラクトースとグルコースに分解
- 成人になると乳糖分解酵素がなくなるため、乳糖を分解できない (乳糖不耐) ⇨ 腸内細菌が利用
- 人は単糖でなければ腸で吸収できない



《p.51図Ⅲ-11》

36

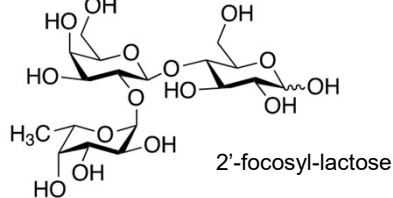
36

糖の多様性

- 単糖類
 - ブドウ糖（グルコース）、ガラクトース、果糖（フルクトース）など
- 二糖類
 - ショ糖（スクロース）、乳糖（ラクトース）、マルトース
- 少糖類（オリゴ糖）
- 多糖類
 - デンプン、セルロース

少糖類(オリゴ糖)

- 人間はオリゴ糖を分解できない
- 腸内細菌が利用
- 善玉菌が利用する場合をプレバイオティクス
- オリゴ糖は牛より人のミルクに多い
 - 人乳で最も多いのは 2-フコシルラクトース
 - 腸内ビフィズス菌の生育促進(ビフィズス因子)
 - 病原菌感染からの防御



《p.51-52》

37

37

乳中の主な無機質(ミネラル・灰分)

| (mg/100g) | 牛乳* | 人乳 | 圧倒的に牛乳の方が多い |
|--------------------|-----|-----|-----------------------|
| 灰分 | 700 | 200 | |
| Ca カルシウム | 110 | 27 | カゼインに結合、骨、歯(リン酸カルシウム) |
| P リン | 91 | 14 | カゼインに結合、リン脂質、骨、歯 |
| Na ナトリウム | 40 | 15 | |
| K カリウム | 140 | 48 | |
| Mg マグネシウム | 10 | 3 | 骨、筋肉に含まれる |
| カリウム・ナトリウム比 (K/Na) | 3.5 | 3.2 | |

*生乳（ホルスタイン） 八訂日本食品標準成分表より

《p.52表Ⅲ-4》

38

38

無機物質の測定法

- 乾式灰化法(直接灰化法)
 - 蒸発乾固・炭化→灰化(550-600℃)→秤量
 - 希塩酸に溶解して個別定量
- 湿式分解法
 - 硝酸を含む強酸混合液で加熱分解
 - 分解残留物を溶解→個別定量
- 無機質の個別定量法(試料の前処理が必要)
 - 機器分析(原子吸光法、蛍光分析法、イオンクロマトグラフィーなど)
 - キレート滴定法
 - イオン電極法

問7 乳中のカルシウムには、カゼインやリン酸に結合しているコロイド状のものと、イオン(Ca^{2+})の状態で遊離しているものがある。セロハン膜などの半透膜を通り抜けることができるのはどちらの形態のカルシウムか。



《p.54》

39

39

生乳に含まれるビタミン類

| | ビタミン | 牛乳* | 人乳 | 存在場所 |
|-----|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 脂溶性 | ビタミンA(レチノール) | 37 μg | 45 μg | 脂肪球 |
| | β カロテン(カロチン) | 8 μg | 12 μg | |
| | ビタミンD | Tr | 0.3 μg | |
| | ビタミンE(α -トコフェロール) | 0.1 mg | 0.4 mg | |
| 水溶性 | ビタミンB1(チアミン) | 0.04 mg | 0.01 mg | 脱脂乳(乳漿) ホエイ(乳清) |
| | ビタミンB2(リボフラビン) | 0.15 mg | 0.03 mg | |
| | ビタミンC | 1 mg | 5 mg | |

*生乳(ホルスタイン)、各100g当りの量(八訂日本食品標準成分表より)

(子牛はビタミンCを体内で作れるので含有量が少ない)
(乳児のビタミンC摂取推奨量は40mg)

《p.55表Ⅲ-6》

40

40

問8 ビタミンに関する疑問

ビタミンCは生乳100 g 中に1mg含まれていて、他のビタミン類と比較しても多い。しかし、牛乳がビタミンC摂取源として特に話題になった様子はない。その理由をA、B、Cの文章から選びなさい。

- A 摂取しても、胃の中で胃酸によって破壊されるため。
- B 熱に弱く、殺菌処理工程でほぼ消滅するため。
- C 1リットル飲んでも、1日に必要とされるレベルから遠いため。

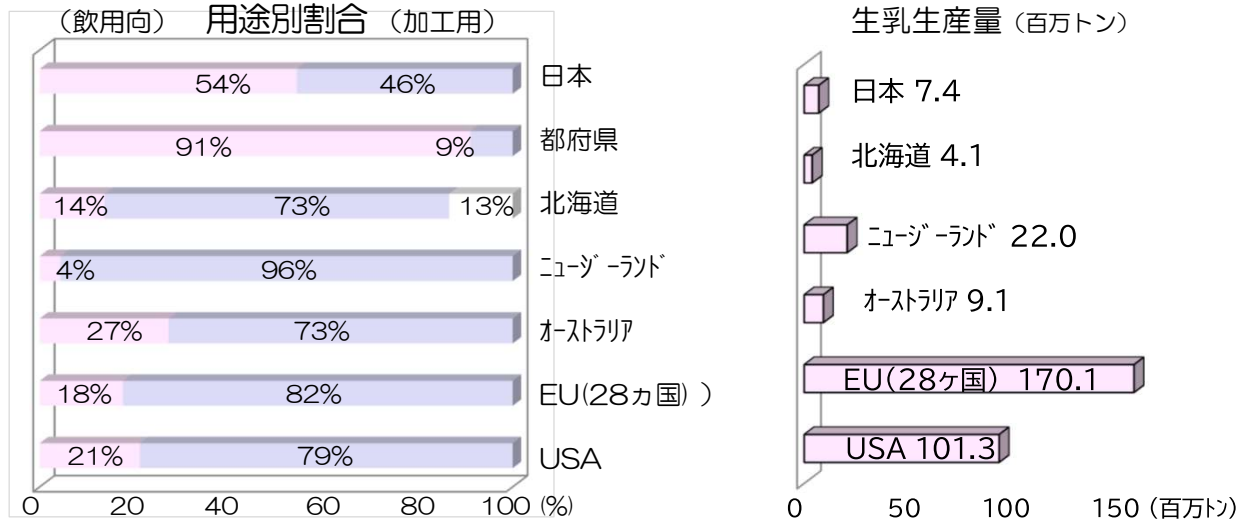
41

乳質が乳製品におよぼす影響

生乳の用途・加熱殺菌・異常風味
異常乳の組成・その他

42

生乳の用途別割合（国内・国際比較）



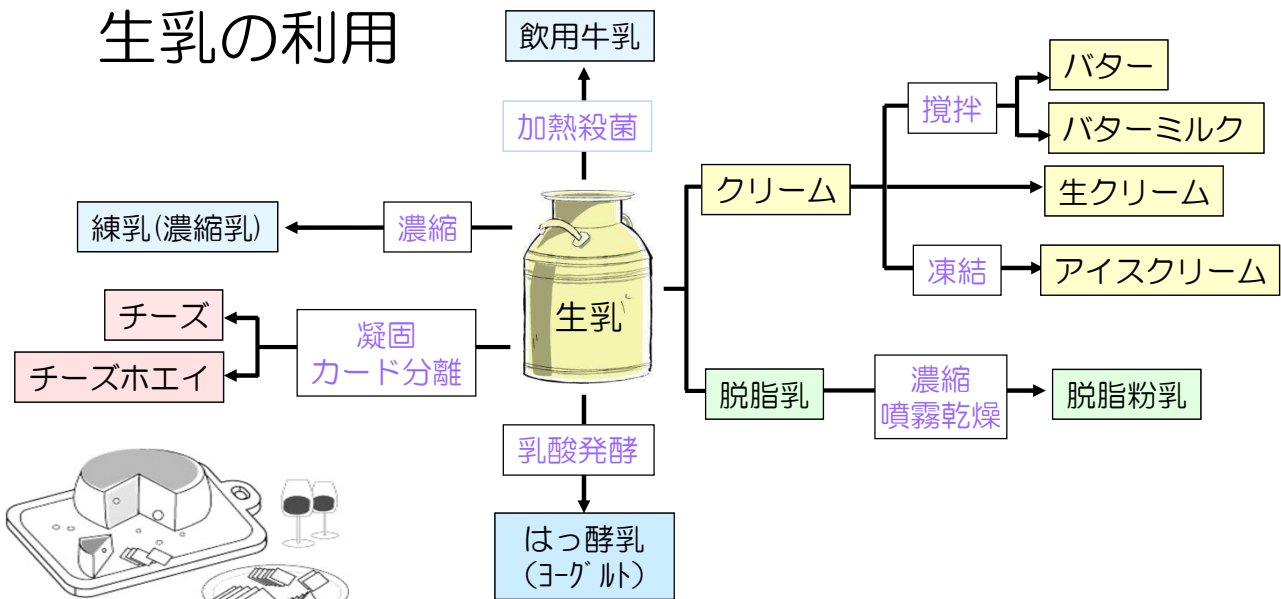
2020年度(JIDF編「世界の酪農情況2021」より)

北海道の13%は道外への移出分

43

43

生乳の利用



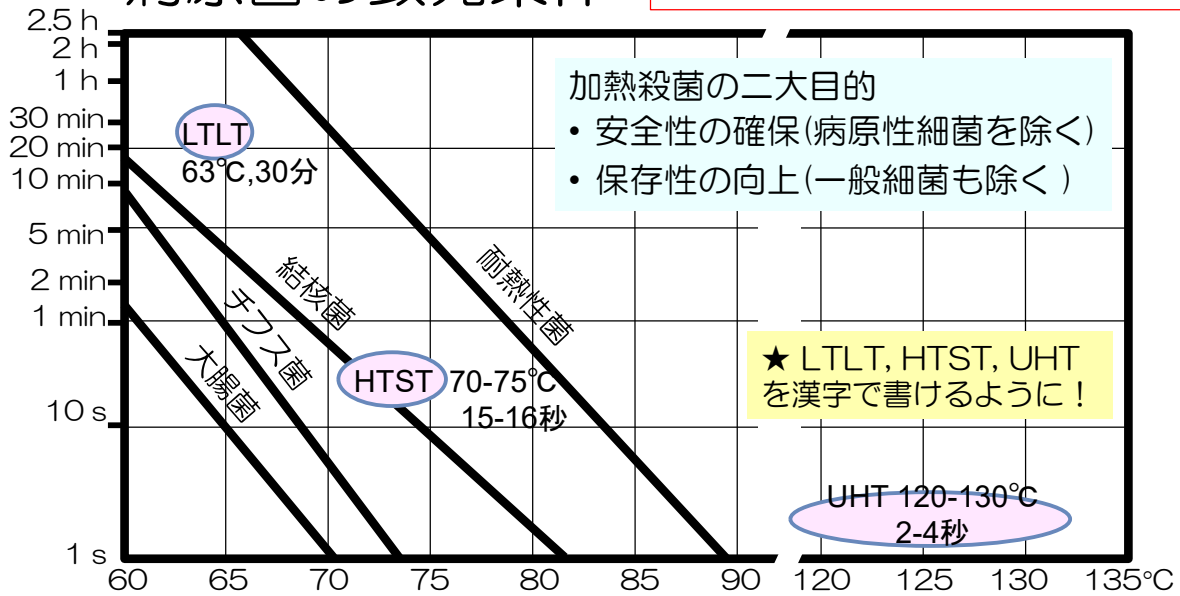
《p.62-71》

44

44

病原菌の致死条件

現在はQ熱病原体の死滅条件が基準



TetraPak "Dairy Processing Handbook"の図を改変

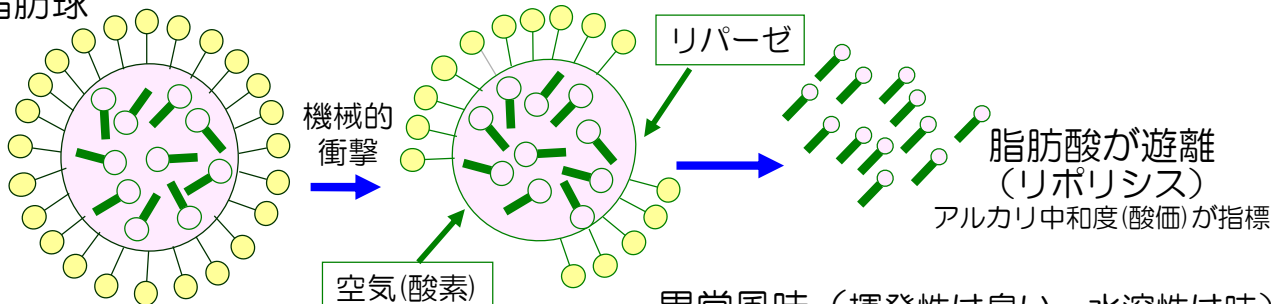
問9 牛乳の殺菌条件に関する以下の文章の空欄に当てはまる、適切な単語あるいは数値を選びなさい。

以前の殺菌条件の指標は(a)の死滅条件であったが、現在は(b)が指標となっている。なお、(c)の規定では「保持式で(d)℃、(e)分間加熱するか、またはこれと同等以上の殺菌効果のある方法による」となっている。

乳等省令 結核菌 Q熱病原体 30 40 50 60 63 65 67

乳脂肪由来の異常風味(オフルーバ-)

脂肪球



異常風味（揮発性は臭い、水溶性は味）

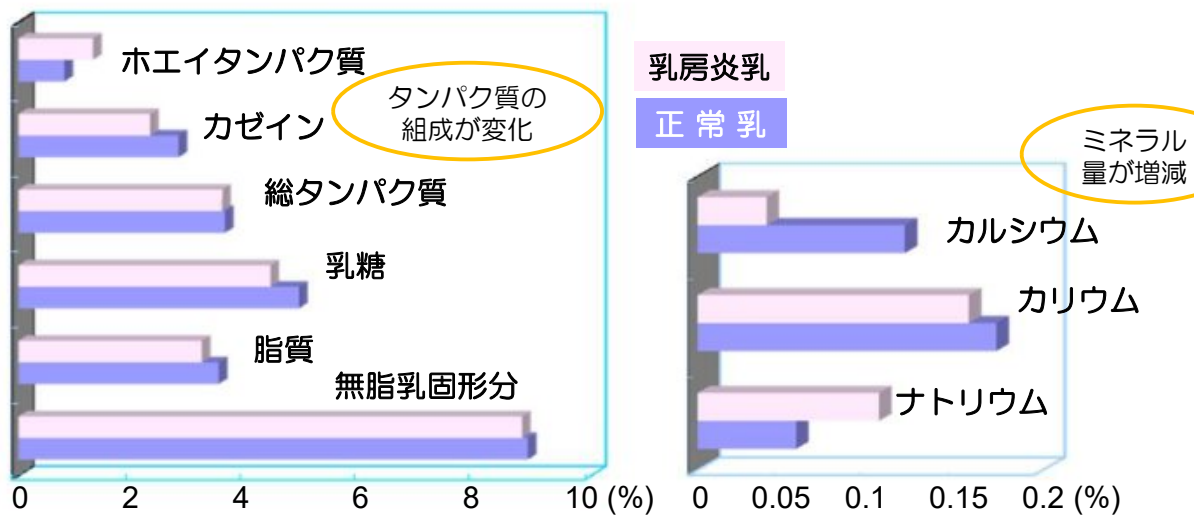
- 脂肪分解臭（ランシッド、リパーゼ臭）
 - 揮発性脂肪酸(VFA)の発生が原因
 - 酪酸、カプロン酸、カプリン酸
- 脂肪酸化臭

《p.71-72》

47

47

正常乳と乳房炎乳での組成の違い



《p.35》

北海道獣医師会雑誌、49, 35-37 (2005)

48

48

原料乳の品質が製品におよぼす影響 《p.73表Ⅲ-10》

| 原因 | 過程1 | 過程2 | 乳製品への影響 |
|----------------|-------------|--------------|-----------------|
| 微生物汚染 | 輸送・予温時の細菌増殖 | | 乳製品の風味低下 |
| | 耐熱性細菌・低温性細菌 | 残存すると、低温でも増殖 | 異味・濃縮乳のガス発酵(膨張) |
| 「バクテリオファージ」の混入 | 乳酸菌増殖を阻害 | | 発酵乳、チーズの発酵阻害 |
| 過度な攪拌 | 脂肪球(膜)の破損 | 遊離脂肪酸生成・脂肪酸化 | 異常風味(脂肪分解臭、酸化臭) |
| 初乳や末期乳の混入 | ミネラルバランス | カゼイン凝固 | 濃縮乳の濃厚化 |
| | ホエイタンパク質の増加 | 熱不安定性 | 凝固による配管系の詰まり |
| 乳房炎乳 | 残留抗生物質 | 乳酸菌生育阻害 | チーズ・ヨーグルト発酵不良 |
| | | 耐性菌 | 健康阻害 |
| 異物の混入 | 臭のある植物、飼料摂取 | 消化管 → 血液 → 乳 | 異常風味(オフフレーバー) |
| | 薬剤・塗料・可塑剤など | 高温加熱による反応の進行 | 予期せぬ異常風味の発生 |

49

49

問10 乳・乳製品で正常ではない風味をオフフレーバーというが、リストにある単語から異常な風味と思われるものを選びなさい。

ランシッド、酸化臭、腐敗臭、ノルマル、メタリック、ビッター、リッチ、ナチュラル、オイリー、フレッシュ

50

乳・乳製品の理化学的性質

乳・乳製品の物性・固体・液体・気体

流体・粒体・粉体

fluid grain powder

(粉体工学用語辞典より)

51

生乳の物理化学的性質（物性）

pH 6.5~6.7

氷点(凝固点) $-0.522\sim-0.532^{\circ}\text{C}$
($-0.540\sim-0.550^{\circ}\text{H}$ 氷トハット)

沸点 100.17°C

比重 $1.028\sim1.034(15^{\circ}\text{C})$

滴定酸度 $0.12\sim0.15\%$ (乳酸として)

参考 ピーエイチ (英語)
パーハー (独語)

クライオスコープ
Model 4250
(ADVANCED)



《p.57-61》

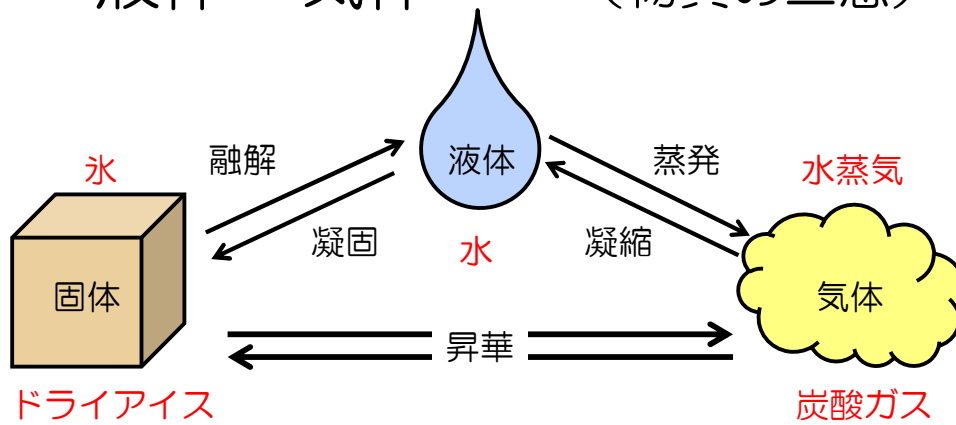
生乳の氷点は水よりも低い
(0°C より低温で凍る)

生乳に加水すると、氷点が
上昇し水の値に近づく。

加水の検定に有効

52

固体・液体・気体 (物質の三態)



- 「固体の融解」が起きる温度が融点
- 「液体の凝固」が起きる温度が凝固点(氷点)
- 融点と凝固点(氷点)は同じ温度
- 「液体の沸騰」が始まる温度が沸点
- 「液体の蒸発」は沸点より低い温度でも生じている(揮発)
- 全て、熱の出入りがある(発熱・吸熱)

《p.60図Ⅲ-13》

物質が溶けるとは？

| 粒子サイズが分子レベル | | 分子よりも大きいコロイド粒子 | |
|-------------|----|----------------|-----|
| 物質を溶かす液体 | 溶媒 | 分散させている物質 | 分散媒 |
| 溶媒に溶けている物質 | 溶質 | 溶質に相当する物質 | 分散質 |
| 溶質が溶媒に溶けること | 溶解 | 「溶解」ではなく | 分散 |
| 生じた均一な混合液 | 溶液 | 「溶液」ではなく | 分散系 |

| コロイドの例 | 分散質 | | |
|--------|------------------|----------------|-------------|
| | 気体 | 液体 | 固体 |
| 分 | 気体 (混合気体) | 霧や雲 (エアゾール) | 煙 |
| 散 | 液体 ホイップクリーム、気泡 | 牛乳、マヨネーズ (乳濁液) | 泥水、墨汁 (懸濁液) |
| 媒 | 固体 アイスクリーム、マシュマロ | ゼリー、ゼラチン (ゲル) | 色ガラス、珪酸 |

《p.58囲み記事「物質が溶けるとは？」》

固体・液体・気体の他に流体・粒体・粉体

液状乳製品は「流体」

1. 気体と液体は「流体」
2. 液状乳製品は流体なので粘性を示す
 - 液体は温度が高いほど粘性が減少（気体は逆）
3. 固体ならば剛性、弾性を示す
4. バターは流動性のある固体（室温で）
 - 加えた力（応力）が小さいと、弾性を示す(可逆的変形)
 - 加えた力が大きいと拡がる、延びる（不可逆的に変形、塑性流動）

粉乳類は「粒体・粉体」

1. 液体のように容器に充填できる
2. 粒子間の摩擦で自由に堆積できる（流動特性）
 - 傾きが小さいと流れず、ある点を越えると流れる
 - 振動により流動化
3. 付着性がある
4. 液体と違い、高さに比例する圧力が容器の底にかかることはない。
5. 表面積比が大きい

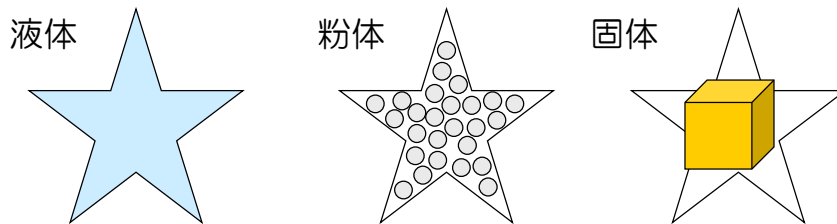
次の図で説明

《p.64-65囲み記事》

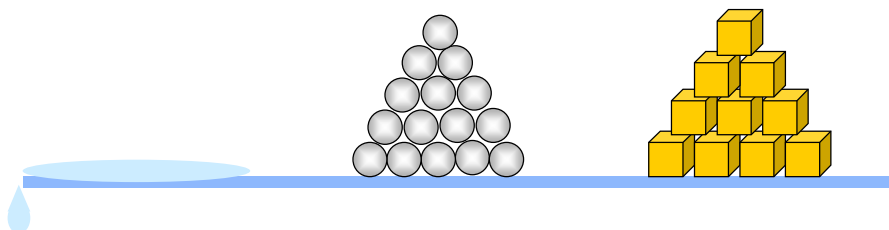
55

55

粉体は液体のように容器に充填できる



粉体と固体は、粒子どうしの摩擦で自由に堆積できる



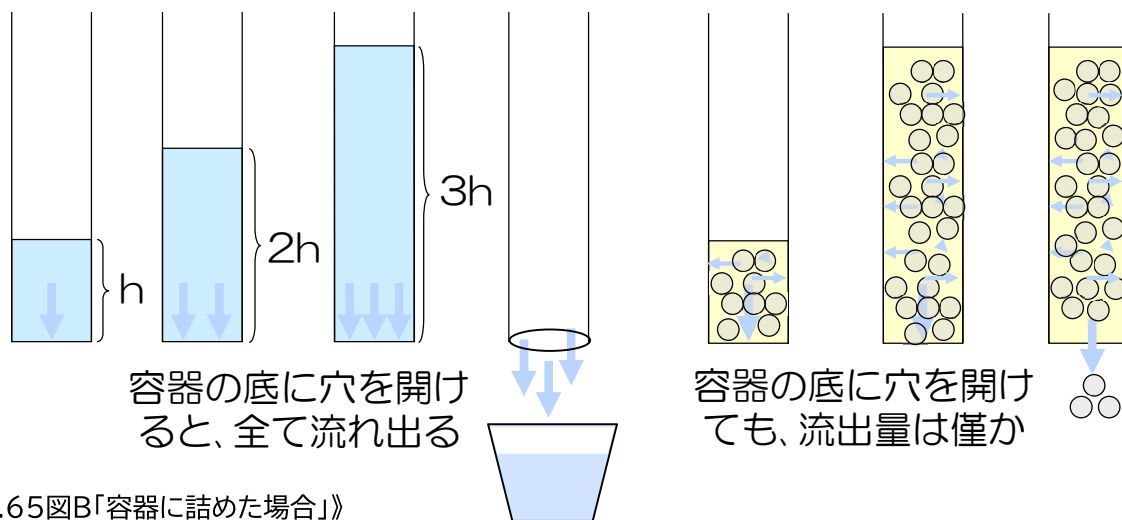
《p.65図A》

56

56

液体では、高さに比例する圧力が容器の底にかかる

粉体では、高さに比例する圧力が容器の底にかからない

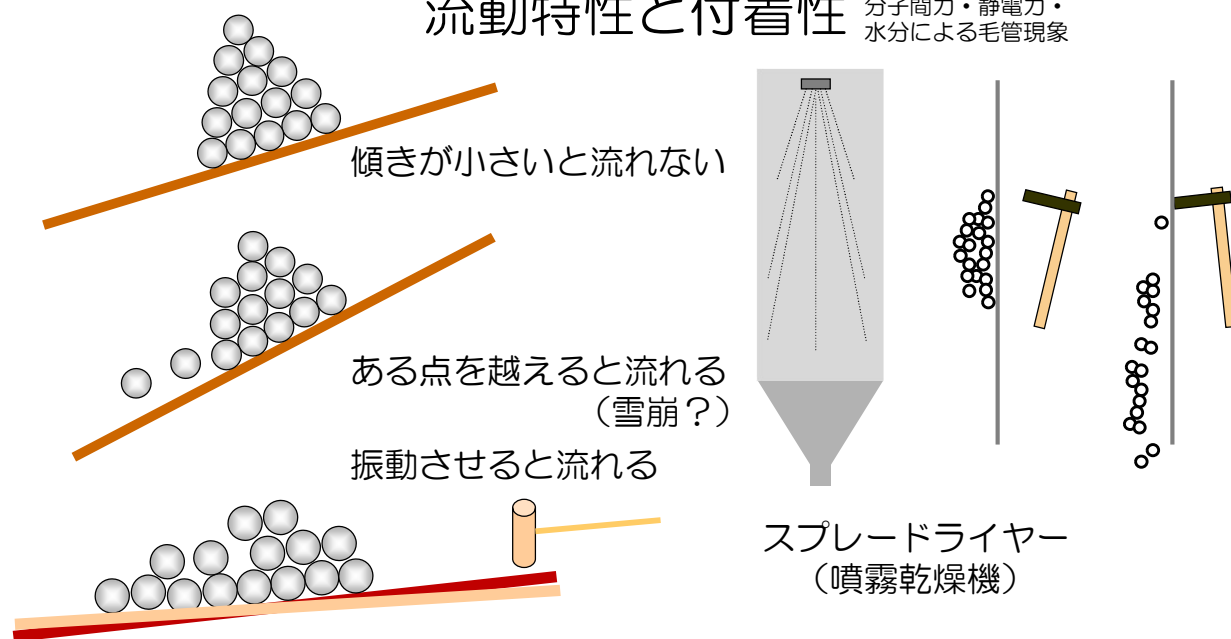


57

57

流動特性と付着性

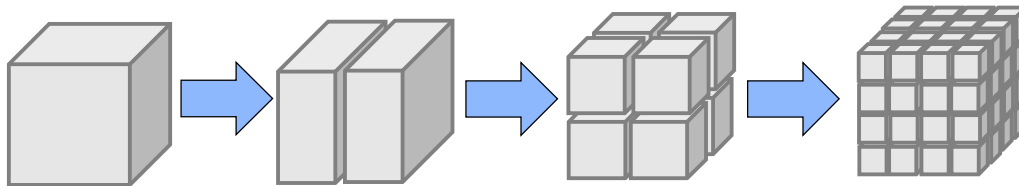
分子間力・静電力・水分による毛管現象



《p.65図C》

58

58



同重量の物質では、細くなるほど全体の表面積は増大する

表面積が大きいと

- 物質を吸着する面が増える
- 引火性が大きくなる

可燃物・着火源・酸素
(炎・シフトによる火花など)

•粉塵爆発

- 炭鉱
- 小麦粉サイロ
- 粉乳
- イベント会場でのカラーパウダーによる火災 (2015年6月台湾)

《p.65図D》

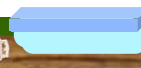
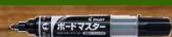
59

59

問11 以下の各文章に該当する単語を、右のリストから選びなさい。

1. 物質を溶かす液体のこと
2. 物質が液体に溶けて均一になること
3. 液状のコロイド溶液のこと
4. 乳濁液のこと
5. 懸濁液のこと

分散媒、分散質、溶質、溶媒、溶解、粘弾性、ブラウン運動、チンダル現象、エマルション、サスペンション、エアロゾル、レオロジー、ゾル、ゲル



60

参考情報

食品一般に関すること
参考図書・話題提供

61

食品一般に関する参考情報

アレルギー表示

- 表示義務（特定原材料）
 - 症状が重篤で生命に関わる（そば、落花生）
 - 症例数が多い（卵、乳、小麦、えび、かに、くるみ(追加検討中)）
- 表示推奨（特定原材料に準ずるもの）
 - 現在は27品目

消費期限と賞味期限

- 消費期限（期限内に食べる）
- 賞味期限（劣化が始まる）
- 留意事項
 - 期限を決めるのは食品事業者
 - 食品衛生法とJASが関連
 - 液状乳製品は細菌の絶好のターゲット
 - 日付は目安(安全率を見込んでいる)
 - 保存状態が実際の期限を左右
 - **自分の五感でも安全性を確認！**

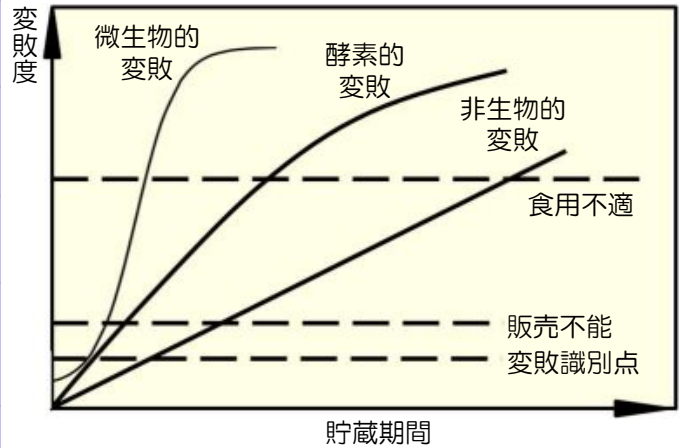
食品の変敗要因スライドも参考に！

62

62

食品の変敗要因と経時的過程

| | | |
|------------|-----|--------------------------|
| 生物的 要因 | 微生物 | 細菌、酵母、カビなどの増殖による変化 |
| | 酵素 | 微生物が産生する酵素による変化 |
| 非生物的 要因 | 化学的 | 酸化、重合、分解、変色など |
| | 物理的 | 水分蒸散・乾燥、吸湿、吸着、変形、凝集、沈殿など |
| | 異物 | 各工程で、様々な物質の混入が起こり得る |



「ヨーグルト その基礎科学および技術、製造と調整法」実業図書（1980）より

《p.72図Ⅲ-16》

63

63

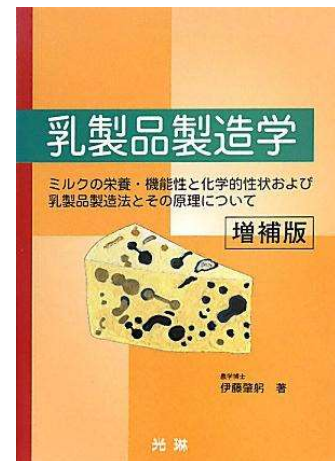
参考図書（製造関係（高価な専門書は除く））



「牛乳・乳製品の知識」
幸書房（1998）¥2400
野口洋介（元 雪印乳業）
牛乳の成分、乳製品の製造方法、官能評価法



「牛乳・乳製品の実際知識」
第6版 東洋経済新報社
（2001）¥2500
鷹尾亨（元 明治乳業）
乳製品の成分組成、乳製品の製造法、生産と流通



「乳製品製造学(増補版)」
光琳（2011）¥5280
伊藤肇躬タツミ（元 九州大学）

64

64

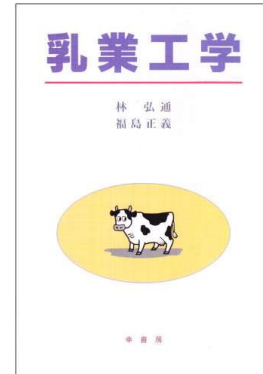
参考図書（生乳関係その他）



「生乳取扱技術必携」
（北海道酪農検定検査協会）



「生乳の品質管理」
笹野 貢（元 北海道生乳検査協会）
酪農総合研究所（1998）¥1905
広域流通生乳の乳質、HACCPへの対応、諸外国の生乳取引検査などの項目あり。最新情報による改訂版を望む！



「乳業工学」
林、福島（元 雪印乳業）
幸書房（1998）¥2800
食品科学分野専攻の学生を対象に編纂

65

65

乳製品製造ハンドブック TetraPak “Dairy Processing Handbook”



1. PRIMARY PRODUCTION OF MILK（ミルクの生産）
2. THE CHEMISTRY OF MILK（ミルクの化学）
3. RHEOLOGY（レオロジー）
4. MICROBIOLOGY（微生物学）
5. COLLECTION AND RECEPTION OF MILK
（集乳と受入れ）
6. BUILDING BLOCKS OF DAIRY PROCESS（処理工程）
 - 6.1 Heat exchangers（熱交換）
 - 6.2 Centrifugal separators and milk standardization
（遠心分離・標準化）
 - 6.3 Homogenizers（均質化）
 - 6.4 Membranetechnology（膜処理）
 - 6.5 Evaporators（濃縮）
 - 6.6 Deaerators（脱気）
 - 6.7 Pumps（ポンプ類）
 - 6.8 Pipes, valves and fittings（パイプ・バルブ・接続）
 - 6.9 Tanks（タンク類）
 - 6.10 Automation（工程の自動化）
 - 6.11 Service systems（水・エネルギーシステム）
7. DESIGNING A PROCESS LINE（製造ラインの設計）
8. PASTEURIZED MILK PRODUCTS（殺菌乳製品）
9. LONG-LIFE MILK（ロングライフミルク）
10. CULTURES AND STARTER MANUFACTURE
（スターターの調製）
11. FERMENTED MILK PRODUCTS（発酵乳製品）
12. BUTTER AND DAIRY SPREADS（バター・スプレッド製品）
13. ANHYDROUS MILK FAT (AMF) AND BUTTEROIL
（無水乳脂肪・バターオイル）
14. CHEESE（チーズ）
15. WHEY PROCESSING（ホエイの加工）
16. CONDENSED MILK（濃縮乳）
17. MILK AND WHEY POWDER（粉乳・ホエイパウダー）
18. RECOMBINED MILK PRODUCTS（還元乳製品）
19. ICE CREAM（アイスクリーム）
20. CASEIN（カゼイン製品）
21. CLEANING OF DAIRY EQUIPMENT（装置の洗浄）
22. DAIRY EFFLUENT（排水処理）

無料です（<https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/>）

66

66

酪農畜産の近未来？

動物を使わない食肉 クリーンミート

- 持続可能な食料の生産
- 環境負荷の軽減
 - 牛のゲップ(メタンガス)が目の敵！
- アニマルウェルフェア・ビーガンなど
- SDGsが追い風

食肉代替食品

- 植物由来製品 (豆類、穀類、茸類、藻類…)
- 代替タンパク質製品 (昆虫…)

- 細胞培養肉 (牛、豚、魚、蟹、卵など)
 - 安価な培地と成長因子の製造・開発、バイオフィンターや食感を似せるためバイオ3Dプリンタの使用など、周辺技術も進展中

乳・乳製品代替食品(植物原料以外)

- 培養法 (乳腺上皮細胞の培養)
- 発酵法 (微生物による組換え体)
- 牛乳成分 (PerfectDayほか、多くのスタートアップ)
 - クリーム→アイスクリーム、ホイップクリーム
 - カゼイン→モッツアレラチーズ→ピザ
- 母乳成分→育児用ミルク (BIOMILQなど)

推進する企業の主張するメリット

- 土地・水の大幅な節減・飼料は不要
- 乳牛の繁殖サイクルに拘束されない
- 生乳生産量増減の政策に柔軟に対応可



新型コロナと酪農

コラム「新型コロナウイルスと畜産農業関係者」(食環境衛生研究所)
最近では畜産や農業分野のあるある話として「畜産や農業関係者の新型コロナウイルス陽性確定者がいないよね・・・」という話題が多く交わされております。

(<https://www.shokukanken.com/column/stock/002291.html>)

「中東地域のラクダ飼いは、MERSやCOVID-19に感染しても症状が深刻になりにくい」(今のところ仮説段階だが、学術論文として公開)
mBio, 2018, 9(5): e01985-18. (Saudi Arabia, MERS)
Front. Public Health, 2021. (Egypt, COVID-19)

「NZの牛乳から得た免疫グロブリン画分中に、SARS-CoV-2に対する抗体が含まれていた」(順天堂大などの論文)
Int. Dairy Journal (2021, 2022)



北海道新聞 2020.07.14 (夕刊)

河崎さんのお母さんの話は本当かもしれない。今後の研究に期待！