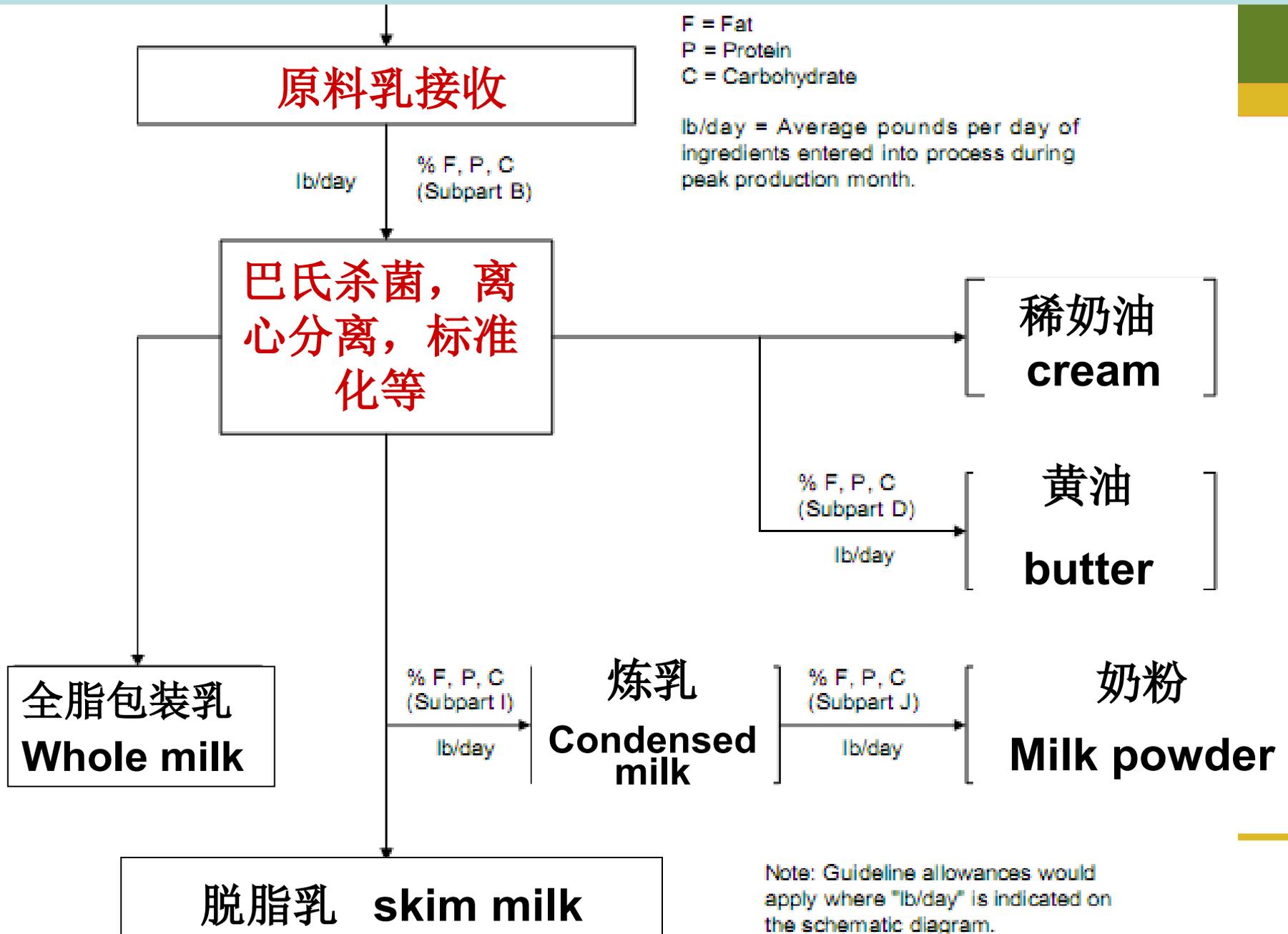


第六章 乳制品加工技术



乳制品工艺及产品分类关系



主要奶源动物

- 奶牛：黑白花乳牛，也简称荷斯坦牛，一般年平均产乳量为 **6 500 ~ 7 500kg**，乳脂率为 **3.6 % ~ 3.7 %**。
- 水牛
- 奶用山羊

第二节 乳的化学成分和性质

一、乳的概念及组成

- 乳是哺乳动物分娩后由乳腺分泌的一种白色或微黄色的不透明液体。乳的成分十分复杂，其中至少含有上百种化学成分，主要包括水分、脂肪、蛋白质、乳糖、盐类以及维生素、酶类、气体等。

二、乳的化学成分及其性质

(一) 乳蛋白质 (Milk Protein)

- 牛乳的含氮化合物中 **95%** 为乳蛋白质，含量为 **3.0% ~ 3.5%**，可分为酪蛋白、乳清蛋白、脂肪球膜蛋白质。
- 乳清蛋白质中有对热不稳定的各种乳白蛋白和乳球蛋白，及对热稳定的**月示**及**胨**。

- 除了乳蛋白质外，还有约 5% 非蛋白态含氮化合物，如氨、游离氨基酸、尿素、尿酸、肌酸及嘌呤碱等。这些物质基本上是机体蛋白质代谢的产物，通过乳腺细胞进入乳中。另外还有少量维生素态氮。

1. 酪蛋白 (Casein)

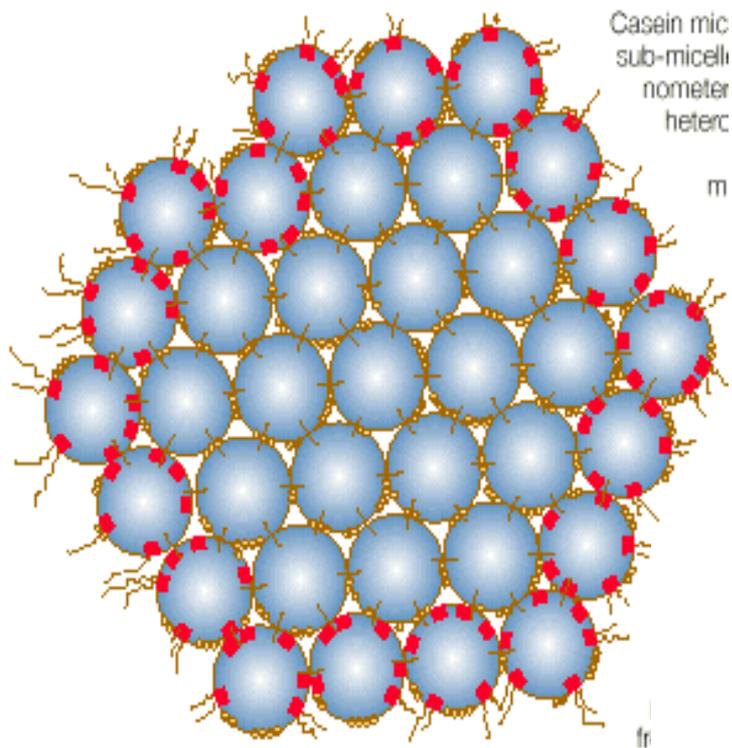
- 在温度 20°C 时调节脱脂乳的 pH 值至 4.6 时沉淀的一类蛋白质称为酪蛋白，占乳蛋白总量的 80% ~ 82%。
- 酪蛋白不是单一的蛋白质，而是由 α_s, κ, β 和 γ 酪蛋白组成，是典型的磷蛋白。四种酪蛋白的区别就在于它们含磷量的多少。
- α -酪蛋白含磷多，故又称磷蛋白。含磷量对皱胃酶的凝乳作用影响很大。

- γ -酪蛋白含磷量极少，因此， γ -酪蛋白几乎不能被皱胃酶凝固。
- 在制造干酪时，有些乳常发生软凝块或不凝固现象，就是由于蛋白质中含磷量过少的缘故。
- 酪蛋白虽是一种两性电解质，但其分子中含有的酸性氨基酸远多于碱性氨基酸，因此具有明显的酸性。

(1) 酪蛋白的存在形式

- 乳中的酪蛋白与钙结合生成酪蛋白酸钙，再与胶体状的磷酸钙结合形成酪蛋白酸钙 - 磷酸钙复合体以胶体悬浮液的状态存在于牛乳中。

- 酪蛋白酸钙 - 磷酸钙复合体的胶粒大体上呈球形，胶体内部由 β -酪蛋白的丝构成网状结构，在其上附着 α_s 酪蛋白，外面覆盖有 κ 酪蛋白，并结合有胶体状的磷酸钙，见图。



亚胶束
伸出链



磷酸钙



κ-酪蛋白



磷酸根



- α_s 而且还具有抑制 α_s 酪蛋白和 β 酪蛋白在钙离子作用下的沉淀作用。
- κ 酪蛋白覆盖层对胶体起保护作用，使牛乳中的酪蛋白酸钙 - 磷酸钙复合体胶粒能保持相对稳定的胶体悬浮状态。

(2) 酪蛋白的性质

① 酪蛋白的酸沉淀

- 酪蛋白胶粒对 pH 值的变化很敏感。当脱脂乳的 pH 值降低时，酪蛋白胶粒中的钙与磷酸盐就逐渐游离出来。当 pH 值达到酪蛋白的等电点 4.6 时，就会形成酪蛋白沉淀。酪蛋白的酸凝固过程以盐酸为例表示如下：



- 由于加酸程度不同，酪蛋白酸钙复合体中钙被酸取代的情况也有差异。实际上乳中酪蛋白在 $\text{pH} 5.2 \sim 5.3$ 时 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 先行分离就发生沉淀，这种酪蛋白沉淀中含有钙；继续加酸而使 pH 值达到 4.6 时， Ca^{2+} 又从酪蛋白钙中分离，游离的酪蛋白完全沉淀。
- 为使酪蛋白沉淀，工业上一般使用盐酸。同理，如果由于乳中的微生物作用，使乳中的乳糖分解为乳酸，从而使 pH 值降至酪蛋白的等电点时，同样会发生酪蛋白的酸沉淀。

? 无灰干酪素

? 有灰干酪素

② 酪蛋白的凝乳酶凝固

- 牛乳中的酪蛋白在凝乳酶的作用下会发生凝固，工业上生产干酪就是利用此原理。酪蛋白在凝乳酶的作用下变为副酪蛋白 (Paracasin)，在钙离子存在下形成不溶性的凝块，这种凝块叫作副酪蛋白钙，其凝固过程如下：
- 酪蛋白酸钙 + 皱胃酶 → 副酪蛋白钙 ↓ + 糖肽 + 皱胃酶

κ 酪蛋白层被去除所致！

③ 盐类及离子对酪蛋白稳定性的影响

- 乳中的酪蛋白酸钙 - 磷酸钙胶粒容易在氯化钠或硫酸铵等盐类饱和溶液或半饱和溶液中形成沉淀，这种沉淀是由于电荷的抵消与胶粒脱水而产生。

- 由于乳汁中的钙和磷呈平衡状态存在，所以鲜乳中酪蛋白微粒具有一定的稳定性。当向乳中加入氯化钙时，则能破坏平衡状态，因此在加热时使酪蛋白发生凝固现象。试验证明，在 90°C 时加入 $0.12\% \sim 0.15\%$ 的 CaCl_2 即可使乳凝固。

④ 酪蛋白的醇凝固

- 胶粒表面的水化层被脱水，胶粒表面的 κ 酪蛋白层变得不稳定

⑤ 酪蛋白与糖的反应

- 具有还原性羰基的糖可与酪蛋白作用变成氨基糖而产生芳香味及其色素。
- 特殊意义：乳品（如乳粉、乳蛋白粉和其他乳制品）在长期贮存中，由于乳糖与酪蛋白发生反应产生颜色、风味及营养价值的改变。

- 工业用干酪素由于乳糖洗涤不干净，贮存条件不佳，同样也能发生这种变化。
- 炼乳罐头也同样有这种反应过程，特别是含转化糖多时变化更明显。由于酪蛋白与乳糖的反应，发现产品变暗并失去有价值的氨基酸，如：赖氨酸失去 17%；组氨酸失去 17%；精氨酸失去 10%。由于这三种氨基酸是无法补偿的，因此发生这种情况时，不仅使颜色、气味变劣，营养价值也有很大损失。

2. 乳清蛋白

- 加酸沉淀蛋白质之后，滤液里的蛋白质就是乳清蛋白。
- 约占乳蛋白质的 **18% ~ 20%**，可分为热稳定和热不稳定的乳清蛋白两部分。

(1) 热不稳定的乳清蛋白质

- 调节乳清 pH4.6 ~ 4.7 时，煮沸 20min，发生沉淀的一类蛋白质为热不稳定的乳清蛋白，约占乳清蛋白的 81%。热不稳定乳清蛋白质包括乳白蛋白和乳球蛋白两类。
- 乳球蛋白具有抗体的作用，故又称为免疫球蛋白。初乳中的免疫球蛋白含量比常乳高。

(2) 热稳定的乳清蛋白

- 调节乳清 pH4.6 ~ 4.7 时，煮沸 20min，不发生沉淀的一类蛋白质为热稳定的乳清蛋白
- 这类蛋白包括蛋白胍和蛋白胨，约占乳清蛋白的 19%

3. 脂肪球膜蛋白

- 包裹在脂肪球表面，起稳定作用
- 受细菌酶的作用而分解，是奶油在贮藏时风味变劣的原因之一

(二) 乳脂肪

1. 脂肪球的构造

- 乳脂肪球在显微镜下观察为圆球形或椭圆球形，表面被一层 $5 \sim 10\text{nm}$ 厚的膜所覆盖，称为脂肪球膜。
- 乳脂肪球的大小依乳牛的品种、个体、健康状况、泌乳期、饲料及挤乳情况等因素而异，通常直径约为 $0.1 \sim 10\mu\text{m}$ ，其中以 $0.3\mu\text{m}$ 左右者居多。每毫升的牛乳中约有 $20 \sim 40$ 亿个脂肪球。

- 脂肪球的大小对乳制品加工的意义在于：脂肪球的直径越大，上浮的速度就越快，故大脂肪球含量多的牛乳，容易分离出稀奶油。当脂肪球的直径接近 $1\mu\text{m}$ 时，脂肪球基本不上浮。所以，生产中可将牛乳进行均质处理，得到长时间不分层的稳定产品。

续前

- 脂肪球膜主要由蛋白质、磷脂、甘油三酸酯、胆甾醇、维生素 A、金属及一些酶类构成，同时还有盐类和少量结合水。由于脂肪球含有磷脂与蛋白质形成的脂蛋白络合物，使脂肪球能稳定地存在于乳中。

续前

- 磷脂是极性分子，其疏水基朝向脂肪球的中心，与甘油三酸酯结合形成膜的内层；磷脂的亲水基向外朝向乳浆，连着具有强大亲水基的蛋白质，构成了膜的外层，脂肪球膜其结构见图。

续前

- 脂肪球膜具有保持乳浊液稳定的作用，即使脂肪球上浮分层，仍能保持着脂肪球的分散状态
- 在机械搅拌或化学物质作用下，脂肪球膜被破坏后，脂肪球才会互相聚结在一起
- 可以利用这一原理生产奶油和测定乳中的含脂率。

二、乳的化学成分及其性质

- **乳脂肪** 乳脂肪 (**Milk Fat or Butter Fat**) 是牛乳的主要成分之一，对牛乳风味起重要的作用，在乳中的含量一般为 **3% ~ 5%**。乳脂肪不溶于水，呈微细球状分散于乳中，形成乳浊液。

(三) 乳糖 (Lactose)

- 是哺乳动物乳汁中特有的糖类。牛乳中约含有乳糖 4.6% ~ 4.7%，全部呈溶解状态。
- 因其分子中有羰基，属还原糖。

- **甜炼乳中的乳糖大部分呈结晶状态，结晶的大小直接影响炼乳的口感**
- **结晶的大小可根据乳糖的溶解度与温度的关系加以控制。**

- 一部分人随着年龄增长，消化道内缺乏乳糖酶不能分解和吸收乳糖，饮用牛乳后会出现呕吐、腹胀、腹泻等不适应症，称其为乳糖不耐症。
- 在乳品加工中利用乳糖酶，将乳中的乳糖分解为葡萄糖和半乳糖；或利用乳酸菌将乳糖转化成乳酸，可预防“乳糖不耐症”。

(四) 乳中的无机物

- 牛乳中的无机物（Inorganic Salts）亦称为矿物质，是指除碳、氢、氧、氮以外的各种无机元素，主要有磷、钙、镁、氯、钠、硫、钾等。此外还有一些微量元素。

- 牛乳中的盐类含量虽然很少，但对乳品加工，特别是对热稳定性起着重要作用
- 牛乳中的盐类平衡，特别是钙、镁等阳离子与磷酸、柠檬酸等阴离子之间的平衡，对于牛乳的稳定性具有非常重要的意义
- 当受季节、饲料、生理或病理等影响，牛乳发生不正常凝固时，往往是由于钙、镁离子过剩，盐类的平衡被打破的缘故。此时，可向乳中添加磷酸及柠檬酸的钠盐，以维持盐类平衡，保持蛋白质的热稳定性。生产炼乳时常常利用这种特性。

- 牛乳中的钙的含量较人乳多 3 ~ 4 倍，因此牛乳在婴儿胃内所形成的蛋白凝块相对人乳比较坚硬，不易消化。为了消除可溶性钙盐的不良影响，可采用离子交换的方法，将牛乳中的钙除去 50%，从而使凝块变得很柔软，便于消化
- 牛乳中铁的含量为 10 ~ 90 μg /100ml，较人乳中少，故人工哺育幼儿时应补充铁。

(五) 乳中的维生素

- 牛乳含有几乎所有已知的维生素
- 牛乳中的维生素，部分来自饲料中的维生素，如维生素 E；因此要多喂食维生素丰富的饲料
- 婴幼儿牛乳应该补充 D 族维生素
- 保存注意低温、避光

(六) 乳中的酶类

- 牛乳中的酶种类很多，牛乳中酶类的来源有三个：
 - ① 乳腺分泌；
 - ② 挤乳后由于微生物代谢生成；
 - ③ 由于白血球崩坏而生成。

1. 水解酶类

(1) 脂酶

- 乳脂肪在脂酶的作用下水解产生游离脂肪酸，从而使牛乳带上脂肪分解的酸败气味（Acid Flavor），这是乳制品，特别是奶油生产上常见的缺陷。

- 脂酶最适作用温度为 37°C ，最适 pH9.0 ~ 9.2 。钝化温度至少 $80 \sim 85^{\circ}\text{C}$ 。
- 为了抑制脂酶的活性，在奶油生产中，一般采用 $80 \sim 85^{\circ}\text{C}$ 以上的高温或超高温处理。

为什么均质后应及时进行杀菌处理？

- 另外，**加工过程也能使脂酶增加其作用机会**。例如均质处理，由于破坏脂肪球膜而增加了脂酶与乳脂肪的接触面，使乳脂肪更易水解，故均质后应及时进行杀菌处理；
- 其次，牛乳多次通过乳泵或在牛乳中通入空气剧烈搅拌，同样也会使脂酶的作用增加，导致牛乳风味变劣。

(2) 磷酸酶

- 牛乳中的磷酸酶（ Phosphatase ）有两种：一种是酸性磷酸酶，另一种为碱性磷酸酶。 3
- 其中碱性磷酸酶的最适 pH 值为 7.6 ~ 7.8 ，经 63℃,30min 或 71 ~ 75℃,15 ~ 30s 加热后可钝化
- 故可以利用这种性质来检验低温巴氏杀菌法处理的消毒牛乳的杀菌程度是否完全。

(3) 蛋白酶

- 来自乳本身和污染的微生物
- 蛋白酶在高于 $75 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 的温度中即被破坏。在 70°C 以下时，可以稳定地耐受长时间的加热
- 乳中蛋白酶多为细菌性酶，细菌性的蛋白酶使蛋白质水解后形成蛋白胍、多肽及氨基酸
- 由乳酸菌形成的蛋白酶在乳中，特别是在干酪中具有非常重要的意义。

2. 氧化还原酶

- 主要包括过氧化氢酶、过氧化物酶和还原酶。

(1) 过氧化氢酶

- 主要来自白血球的细胞成分，特别在初乳和乳房炎乳中含量较多
- 利用对过氧化氢酶的测定可判定牛乳是否为乳房炎乳或其它异常乳

(2) 过氧化物酶

- 过氧化物酶（ Peroxidase ）是最早从乳中发现的酶，它能促使过氧化氢分解产生活泼的新生态氧，从而使乳中的多元酚、芳香胺及某些化合物氧化。
- 过氧化物酶主要来自于白血球的细胞成分，其数量与细菌无关，是乳中固有的酶。

- 过氧化物酶钝化温度和时间大约为 $76^{\circ}\text{C}/20\text{min}$ 、 $77 \sim 78^{\circ}\text{C}/5\text{min}$ 、 $85^{\circ}\text{C}/10\text{s}$
- 通过测定过氧化物酶的活性可以判断牛乳是否经过热处理或判断热处理的程度
- 但经过 $85^{\circ}\text{C}/10\text{s}$ 处理后的牛乳，若在 20°C 贮藏 24h 或 37°C 贮藏 4h，会发现已钝化的过氧化物酶重新复活的现象。

(3) 还原酶

- 上述几种酶是乳中固有的酶，而还原酶则是挤乳后进入乳中的微生物的代谢产物。
- 还原酶（ Reductase ）能使甲基蓝还原为无色。
- 乳中的还原酶的量与微生物的污染程度成正相关，因此可通过测定还原酶的活力来判断乳的新鲜程度

(七) 乳中的其他成分

- 除上述成分外，乳中尚有少量的有机酸、气体、色素、细胞成分、风味成分及激素等。

1. 有机酸

- 乳中的有机酸主要是柠檬酸等。在酸败乳及发酵乳中，在乳酸菌的作用下，马尿酸可转化为苯甲酸。

-

- 乳中柠檬酸的含量 0.07% ~ 0.40%，平均为 0.18%，以盐类状态存在。
- 柠檬酸对乳的盐类平衡及乳在加热、冷冻过程中的稳定性均起重要作用。同时，柠檬酸还是乳制品芳香成分丁二酮的前体。

2. 气体

- 主要为二氧化碳、氧气 和氮气等
- 牛乳中氧的存在会导致维生素的氧化和脂肪的变质，所以牛乳在输送、贮存处理过程中**应尽量在密闭的容器内**进行。

3. 体细胞成分

- 乳中所含的细胞成分主要是白血球和一些乳房分泌组织的上皮细胞，也有少量红血球。
- 牛乳中的细胞含量的多少是衡量乳房健康状况及牛乳卫生质量的标志之一，一般正常乳中细胞数不超过 50 万个 / mL 。

三、乳的物理性质

- **乳的物理性质对选择正确的工艺条件，鉴定乳的品质具有重要的意义。下面分别简述牛乳的主要物理性质。**

(一) 乳的色泽及光学性质

- 新鲜正常的牛乳呈不透明的乳白色或淡黄色
- 乳白色是由于乳中的酪蛋白酸钙—磷酸钙胶粒及脂肪球等微粒对光的不规则反射所产生
- 牛乳中的脂溶性胡萝卜素和叶黄素使乳略带淡黄色。而水溶性的核黄素使乳清呈萤光性黄绿色。

(二) 乳的滋味与气味

- 乳中含有挥发性脂肪酸及其他挥发性物质，这些物质是牛乳滋、气味的主要构成成分。
- 这种香味随温度的高低而异，乳经加热后香味强烈，冷却后减弱
- 乳中羰基化合物，如乙醛、丙酮、甲醛等均与牛乳风味有关

- **牛乳除了原有的香味之外很容易吸收外界的各种气味**
- **如在牛舍中放置时间太久会带有牛粪味或饲料味**
- **贮存器不良时则产生金属味**
- **消毒温度过高则产生焦糖味**
- **所以每一个处理过程都必须注意周围环境的清洁以及各种因素的影响。**

- 新鲜纯净的乳稍带甜味，这是由于乳中含有乳糖
- 乳中除甜味外，因其中含有氯离子，所以稍带咸味
- 常乳中的咸味因受乳糖、脂肪、蛋白质等所调和而不易觉察，但异常乳如乳房炎乳中氯的含量较高，故有浓厚的咸味
- 乳中的苦味来自 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}
- 酸味是由柠檬酸及磷酸所产生。

(三) 乳的酸度和氢离子浓度

- 刚挤出的新鲜乳若以乳酸度计，酸度为 0.15 % ~ 0.18 % (16 ~ 18 °T)
- 固有酸度或自然酸度主要由乳中的蛋白质、柠檬酸盐、磷酸盐及二氧化碳等酸性物质所造成，其中来源于 CO₂ 占 0.01%-0.02% (2 ~ 3 °T)，乳蛋白占 0.05%-0.08% (3 ~ 4 °T)，柠檬酸盐占 0.01% 和磷酸盐 0.06% ~ 0.08% 部分 (10 ~ 12 °T) 。

- 乳在微生物的作用下发生乳酸发酵，导致乳的酸度逐渐升高。由于发酵产酸而升高的这部分酸度称为发酵酸度
- 固有酸度 + 发酵酸度 = 总酸度。一般条件下，乳品工业所测定的酸度就是总酸度。

- 乳品工业中酸度是指以标准碱液用滴定法测定的滴定酸度。滴定酸度有多种测定方法和表示形式。我国滴定酸度用吉尔涅尔度简称“°T”(ТерНер)或乳酸度（乳酸%）来表示。

1. 吉尔涅尔度 (°T)

- 取 10mL 牛乳，用 20ml 蒸馏水稀释，加入 0.5 % 的酚酞指示剂 0.5mL，以 0.1mol / L 氢氧化钠溶液滴定，将所消耗的 NaOH 毫升数乘以 10
- 即中和 100mL 牛乳所需 0.1mol / L 氢氧化钠毫升数，消耗 1mL 为 1 °T。

2. 乳酸度 (乳酸%)

- 用乳酸量表示酸度时，按上述方法测定后用下列公式计算：

- 乳酸 (%)=
$$\frac{0.1\text{mol/L NaOH毫升数} \times 0.009}{\text{供试牛乳重量}(g)(\text{毫升数} \times \text{比重})} \times 100$$

3. pH 值

- 酸度可用氢离子浓度指数（pH 值）表示，正常新鲜牛乳的 pH 值为 6.5 ~ 6.7，一般酸败乳或初乳的 pH 值在 6.4 以下，乳房炎乳或低酸度乳 pH 值在 6.8 以上。
- 由于牛乳是缓冲体系，因此，测定 pH 与滴定酸度之间没有关系。
- 滴定酸度可以及时反映出乳酸产生的程度，而 pH 值则不呈现规律性的关系，因此生产中广泛地采用测定滴定酸度来间接掌握乳的新鲜度。乳酸度越高，乳对热的稳定性就越低。

(四) 乳的比重和密度

- **15℃ 时，正常乳的比重平均为 1.032；在 20℃ 时正常乳的密度平均为 1.030。在同温度下乳的密度较比重小 0.0019，乳品生产中常以 0.002 的差数进行换算；密度受温度影响，温度每升高或降低 1℃ 实测值就减少或增加 0.0002。**

- 乳的相对密度在挤乳后 1h 内最低，其后逐渐上升，最后可大约升高 0.001 左右
- 这是由于气体的逸散、蛋白质的水合作用及脂肪的凝固使容积发生变化的结果。故不宜在挤乳后立即测试比重。

(五) 乳的热学性质

1. 乳的冰点

- 牛乳的冰点一般为 $-0.525 \sim -0.565^{\circ}\text{C}$ ，平均为 -0.540°C 。牛乳中的乳糖和盐类是导致冰点下降的主要因素
- 正常的牛乳其乳糖及盐类的含量变化很小，所以冰点很稳定。

2. 沸点

- 牛乳的沸点在 101.33kPa (1 个大气压) 下为 100.55°C , 乳的沸点受其固形物含量影响
- 浓缩到原体积一半时, 沸点上升到 101.05°C 。

四、乳中微生物

(一) 微生物的来源

(二) 微生物的种类及其性质

(一) 微生物的来源

- **1. 来源于乳房内的污染** 乳房中微生物多少取决于乳房的清洁程度，许多细菌通过乳头管栖生于乳池下部，这些细菌从乳头端部侵入乳房，由于细菌本身的繁殖和乳房的物理蠕动而进入乳房内部。因此，第一股乳流中微生物的数量最多。
- 正常情况下，随着挤乳的进行乳中细菌含量逐渐减少。所以在挤乳时最初挤出的乳应单独存放，另行处理。

2. 来源于牛体的污染

- 挤奶时鲜乳受乳房周围和牛体其他部分污染的机会很多
- 牛舍空气、垫草、尘土以及本身的排泄物中的细菌大量附着在乳房的周围
- 在挤乳时，应用温水严格清洗乳房和腹部，并用清洁的毛巾擦干

3. 来源于挤乳用具和乳桶等的污染

- 挤乳时所用的桶、挤乳机、过滤布、洗乳房用布等
- 事先进行清洗杀菌
- 有时乳桶虽经清洗杀菌，但细菌数仍旧很高，这主要是由于乳桶内部凹凸不平
- 各种挤乳用具和容器中所存在的细菌，多数为耐热的球菌属；所以这类用具和容器如果不严格清洗杀菌，则鲜乳污染后，即使用高温瞬间杀菌也难以消灭这些耐热性的细菌

4. 其他污染源

- 操作工人的手不清洁
- 混入苍蝇及其他昆虫等
- 污水溅入桶内，并防止其他直接或间接的原因从桶口侵入微生物。

(二) 微生物的种类及其性质

- 牛乳在健康的乳房中，已有某些细菌存在，加上在挤乳和处理过程中外界的微生物不断侵入，因此乳中微生物的种类很多，主要有下列各种：

- **牛乳中的细菌，在室温或室温以上温度大量增殖，根据其对牛乳所产生的变化可分为以下几种。**
- **1. 产酸菌 主要为乳酸菌，指能分解乳糖产生乳酸的细菌。**

2. 产气菌

- 这类菌在牛乳中生长时能生成酸和气体。例如大肠杆菌（*Escherichiacoli*）和产气杆菌（*Aerobacter aerogenes*）是常出现于牛乳中的产气菌。产气杆菌能在低温下增殖，牛乳低温贮藏时能使牛乳变酸败的一种重要菌种。
- 另外，丙酸菌是一种分解碳水化合物和乳酸而形成丙酸、醋酸、二氧化碳的革兰氏阳性短杆菌，用丙酸菌生产干酪时，可使产品具有气孔和特有的风味。

- **3. 肠道杆菌** 是一群寄生在肠道的革兰氏阴性短杆菌。在乳品生产中是评定乳制品污染程度的指标之一。其中主要的有大肠菌群和沙门氏菌族。
- **4. 芽胞杆菌 (spore-forming bacillus)**
该菌因能形成耐热性芽胞，故杀菌处理后，仍残存在乳中
- **5. 球菌类 (micrococcaceae)** 一般能产生色素。牛乳中常出现的有微球菌属和葡萄球菌属。

6. 低温菌

- 凡在 $0 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 下能够生长的细菌统称低温菌
- 乳品中常见的低温菌属有假单胞菌属和醋酸杆菌属
- 能使乳中蛋白质分解引起牛乳胨化、分解脂肪使牛乳产生哈喇味，引起乳制品腐败变质。

7. 高温菌和耐热性细菌

- 高温菌或嗜热性细菌是指在 40°C 以上能正常发育的菌群
- 如乳酸菌中的嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、好气性芽胞菌（如嗜热脂肪芽胞杆菌）、和放线菌（如干酪链霉菌）等。特别是嗜热脂肪芽胞杆菌，最适发育温度为 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$
- 用超高温杀菌时（ 135°C ，数秒），上述细菌及其芽胞都能被杀死。

8. 放线菌

- 与乳品方面有关的有分枝杆菌科的分枝杆菌属、放线菌科的放线菌属、链霉菌科的链霉菌属。

五、 异常乳

- **1. 异常乳的概念** 正常乳的成分和性质基本稳定，当乳牛受到饲养管理、疾病、气温以及其他各种因素的影响时，乳的成分和性质往往发生变化，这种乳称作异常乳（ Abnormal Milk ），不适于加工优质的产品。

- 乳品工业中通常以 70 % 的酒精试验来检查原料乳，酒精试验（Alcohol Test）阳性乳一般都称为异常乳，这是由于检验简单易行而形成的概念。但实际上，有些异常乳却酒精试验呈阴性，所以异常乳不仅种类很多，而且变化很复杂。

- **2. 异常乳的种类** 有时常乳与异常乳之间无明显区别，按利用情况而论，异常乳可分下列几种：

异常乳 {

- 生理异常乳—营养不良乳、初乳、末乳
- 化学异常乳 {
 - 高酸度酒精阳性乳、低酸度酒精阳性乳
 - 冻结乳、低成分乳
 - 混入异物乳、风味异常乳
- 微生物污染乳
- 病理异常乳—乳房炎乳、其他病牛乳

异常乳的产生原因和性质

(一) 生理异常乳

- 1. 营养不良乳 饲料不足、营养不良的乳牛所产的乳对皱胃酶几乎不凝固，所以这种乳不能制造干酪。当喂以充足的饲料，加强营养之后，牛乳即可恢复正常，对皱胃酶即可凝固。

2. 初乳

- 产犊后一周之内所分泌的乳称之为初乳，呈黄褐色、有异臭、苦味、粘度大，特别是 3d 之内，初乳特征更为显著。脂肪、蛋白质，特别是乳清蛋白质含量高，乳糖含量低，灰分含量高。初乳中含铁量约为常乳的 3 ~ 5 倍，铜含量约为常乳的 6 倍。初乳中含有初乳球，可能是脱落的上皮细胞，或白血球吸附于脂肪球处而形成，在产犊后 2 ~ 3 周左右即消失。

- **初乳中含有丰富的维生素，尤其富含维生素A、D、尼克酰氨、VB，而且含有多量的免疫球蛋白，为幼儿生长所必需。初乳对热的稳定性差，加热时容易凝固。目前利用初乳的免疫活性物质生产保健乳制品得到广泛的应用。**

3. 末乳

- 也称老乳，即干奶期前两周所产的乳。其成分除脂肪外，均较常乳高，有苦而微咸的味道，含脂酶多，常有油脂氧化味。一般末乳 pH 值 7.0，细菌数达 250 万 CFU/mL，氯离子浓度约为 0.16% 左右。

(二) 化学异常乳

- 1. 酒精阳性乳
- 乳品厂检验原料乳时，一般先用 68 %或 70 %的酒精进行检验，凡产生絮状凝块的乳称为酒精阳性乳。酒精阳性乳有下列几种：
-

(1) 高酸度酒精阳性乳

- 一般酸度在 20°T 以上时的乳酒精试验均为阳性，称为酒精阳性乳
- 其原因是鲜乳中微生物繁殖使酸度升高
- 因此要注意挤乳时的卫生并将挤出鲜乳保存在适当的温度条件下，以免微生物污染繁殖。

(2) 低酸度酒精阳性乳

- 有的鲜乳虽然酸度低（ 16° T 以下），但酒精试验也呈阳性，所以称作低酸度酒精阳性乳。这种情况往往给生产上造成很大的损失。

- **低酸度酒精阳性乳产生的原因有以下几种：**
- **① 环境**
- **一般来说，春季发生较多，到采食青草时自然治愈。开始舍饲的初冬，气温剧烈变化，或者夏季盛暑期也易发生。年龄在 6 岁以上的居多数。卫生管理越差发生的越多。因此采用日光浴、放牧、改进换气设施等使环境条件改善具有一定的效果。**

- **② 饲养管理**

- **饲喂腐败饲料或者喂量不足，长期饲喂单一饲料和过量喂给食盐而发生低酸度酒精阳性乳的情况很多。挤乳过度而热能供给不足时，容易发生耐热性低的酒精阳性乳。产乳旺盛时，单靠供给饲料不足以维持，所以分娩前必须给予充分的营养。因饲料骤变或维生素不足而引起时，可喂根菜类右愿纳啤**

③ 生理机能

- 乳腺的发育、乳汁的生成是受各种内分泌的机能所支配。内分泌，特别是发情激素、甲状腺素、副肾上腺皮质素等与阳性乳的产生都有关系。而这些情况一般与肝脏机能障碍、乳房炎、软骨症、酮体过剩等并发。例如牛乳中含多量可溶性钙、镁、氯化物而无机磷较少会产生异常乳；机体酸中毒、体液酸碱失去平衡，使体液 pH 值下降时也会分泌异常乳；机体血液中乙酰乙酸、丙酮、 β -羟基丁酸过剩，蓄积而引起酮血病也会造成乳腺分泌异常乳。

(3) 冷冻乳

- 冬季因受气候和运输的影响，鲜乳产生冻结现象，这时乳中一部分酪蛋白变性。同时，在处理时因温度和时间的影响，酸度相应升高，以致产生酒精阳性乳。但这种酒精阳性乳的耐热性要比因受其他原因而产生的酒精阳性乳高。

2. 低成分乳

- 乳的成分明显低于常乳，主要受遗传和饲养管理所左右。

3. 混入异物乳

- **混入异物的乳是指在乳中混入原来不存在的物质的乳。其中，有人为混入异常乳和因预防治疗、促进发育以及食品保藏过程中使用抗生素和激素等而进入乳中的异常乳。此外，还有因饲料和饮水等使农药进入乳中而造成的异常。乳中含有防腐剂、抗菌素时，不应用作加工的原料乳。**

4. 风味异常乳

- **造成牛乳风味异常的因素很多，主要有通过机体转移或从空气中吸收而来的饲料臭，由酶作用而产生的脂肪分解臭，挤乳后从外界污染或吸收的牛体臭或金属臭等。**

(1) 生理异常风味

- 由于脂肪没有完全代谢，使牛乳中的酮体类物质过多增加而引起的乳牛味；因冬季、春季牧草减少而以人工饲养时产生的饲料味。产生饲料味的饲料主要是各种青贮料、芜菁、卷心菜、甜菜等；杂草味主要由大蒜、韭菜、苦艾、猪杂草、毛茛、甘菊等产生。

(2) 脂肪分解味

- 由于乳脂肪被脂酶水解，乳中游离的低级挥发性脂肪酸多而产生。

(3) 氧化味

- 由乳脂肪氧化而产生的不良风味。产生氧化味的主要因素为重金属、抗坏血素酸、光线、氧、贮藏温度以及饲料、牛乳处理和季节等，其中尤以铜的影响最大。此外，抗坏血素酸对氧化味的影响很复杂，也与铜有关。如果把抗坏血素酸增加3倍或全部破坏均可防止发生氧化味。另外，光线所诱发的氧化味与核黄素有关。加热后（76.7℃以上）因产生SH基化合物可以防止氧化。

(4) 日光味

- 牛乳在阳光下照射 10min，可检出日光味，这是由于乳清蛋白受阳光照射而产生。日光味类似焦臭味和毛烧焦味。日光味的强度与 V_{B_2} 和色氨酸的破坏有关，日光味的成分为乳蛋白质 - VB_2 的复合体。

(5) 蒸煮味

(蒸煮味的产生主要是乳清蛋白中的一乳球蛋白，因加热而产生硫氢基，致使牛乳产生蒸煮味。例如牛乳在 $76 \sim 78^{\circ}\text{C}$, 3min 加热或 $70 \sim 72^{\circ}\text{C}$, 30min 加热均可使牛乳产生蒸煮味。

(6) 苦味

(乳长时间冷藏时，往往产生苦味。其原因为低温菌或某种酵母使牛乳产生脂肽化合物，或者是解脂酶使牛乳产生游离脂肪所形成。

(7) 酸败味

- 主要由于牛乳发酵过程或受非纯正的产酸菌污染所致。这时牛乳、稀奶油、奶油、冰淇淋以及发酵乳等产生较浓烈的酸败味。

(三) 微生物污染乳

- **微生物污染乳也是异常乳的一种。鲜乳容易由乳酸菌产酸凝固，由大肠菌产生气体，由芽胞杆菌产生胨化和碱化，并发生异常风味（腐败味）。低温菌也可能产生胨化和变粘。脂肪的分解而发生脂肪分解味、苦味和非酸凝固。由于挤乳前后的污染、不及时冷却和器具的洗涤杀菌不完全等原因，可使鲜乳被大量微生物污染。**

(四) 病理异常乳

- 1. 乳房炎乳
- 由于外伤或者细菌感染，使乳房发生炎症，这时乳房所分泌的乳，其成分和性质都发生变化，使乳糖含量降低，氮含量增加及球蛋白含量升高，酪蛋白含量下降，并且细胞（上皮细胞）数量多，以致无脂干物质含量较常乳少。造成乳房炎的原因主要是乳牛体表和牛舍环境卫生不合乎卫生要求，挤乳方法不合理，尤其是使用挤乳机时，使用不合理或不彻底清洗杀菌，使乳房炎发病率升高。

- 乳牛患乳房炎后，牛乳的凝乳张力下降，用凝乳酶凝固乳时所需的时间较常乳长，这是因乳蛋白异常所致。另外，乳房炎乳中 V_A 、 V_C 的影响不大，而 V_{B1} 、 V_{B2} 含量减少。

2. 其他病牛乳

- 主要由患口蹄疫、布氏杆菌病等的乳牛所产的乳，乳的质量变化大致与乳房炎乳相类似。另外，乳牛患酮体过剩、肝机能障碍、繁殖障碍等，易分泌酒精阳性乳。

第三节 原料乳的验收和预处理

一、原料乳的质量标准

- **感官指标：**颜色、气味、滋味、外观
- **理化指标：**表 6-1
- **细菌指标：**菌落总数和美蓝还原褪色法，表 6-2

二、原料乳的检验——理化检验

- 相对密度：乳密度计（乳稠计）
- 酒精试验：酒精 + 乳，检验乳的稳定性
- 滴定酸度：正常的 **16-18** 度。微生物繁殖会使酸度增高；乳牛生理异常酸度降低
- 煮沸试验：检验热稳定性。酸度越高，越差
- 乳成分检验：乳脂肪、乳蛋白、乳糖等

二、原料乳的检验——卫生检验

- **细菌检验**：美蓝还原实验、平板计数，直接镜检
- **体细胞数检验**：直接镜检
- **抗生素残留量检测**：

三、原料乳净化、冷却与贮藏

- 过滤
- 离心净化
- 冷却：**4-6** 摄氏度，保持风味，防止脂肪上浮
- 贮存

四、原料乳预处理

- **脱气**：生鲜乳一般含 **10%** 左右的气体，气体会干扰牛乳净化和分离、标准化、脂肪球聚集、风味、营养物质氧化等等
- **标准化**：调整脂肪与非脂乳固体的比例
- **均质**

第四节 巴氏杀菌乳加工技术



液态乳的概念和种类

- 液态乳：原料乳经过不同的热处理，包装后可供应给消费者的乳制品
- 种类：
- 按杀菌方法分类：**巴氏、超巴氏、超高温、灌装高压**
- 按营养成分分类：纯牛乳、营养强化乳、调味乳（**80%**以上）、含乳饮料（**30%**）、再制乳（还原乳）

巴氏杀菌乳的生产工艺

- 原料乳的验收 → 预处理 → 预热 → 标准化 → 均质 → 巴氏杀菌 → 冷藏 → 灌装 → 成品

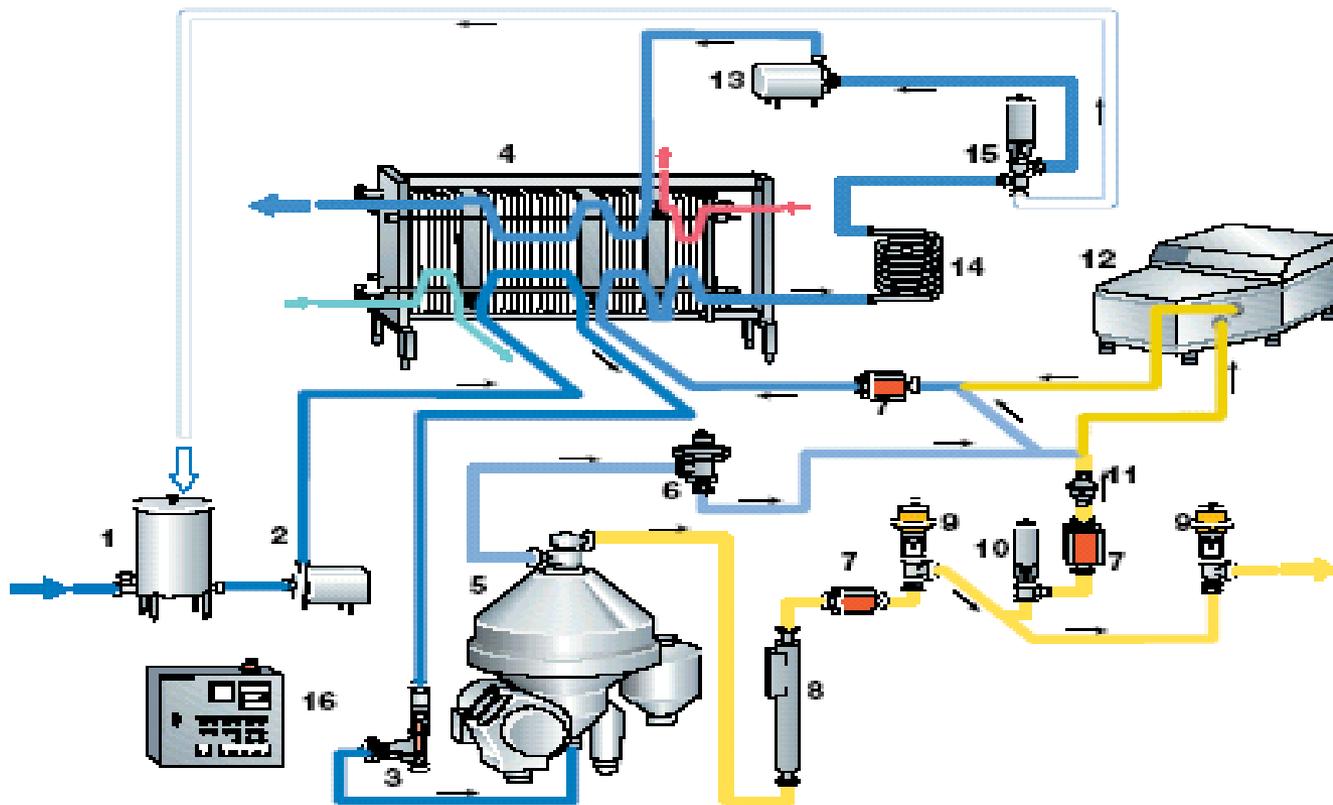


图 5-2 巴氏杀菌乳生产线示意图

1—平衡槽 2—进料泵 3—流量控制器 4—板式换热器 5—分离机 6—稳压阀 7—流量传感器 8—密度传感器 9—调节阀

- ★ 在均质后，稀奶油中的脂肪球被破坏，游离脂肪与外界相接触很容易受到脂肪酶的侵袭
- 因此，均质后的稀奶油应立即进行巴氏杀菌。

巴氏杀菌

- 国际乳品联合会（IDF）将巴氏杀菌定义为：适合于一种制品的加工过程，目的是通过热处理尽可能地将来自于牛乳中的病原性微生物的危害降至最低，同时保证制品中化学、物理和感官的变化最小。
- 基本指标要求：主要目的是减少微生物和可能出现在原料乳中的致病菌。不可能杀死所有的致病菌，它只可能将致病菌的数量降低到一定的、对消费者不会造成危害的水平。
- 巴氏杀菌后，应及时冷却、包装，一定要立即进行磷酸酶试验，且呈阴性
- 如果在巴氏杀菌乳中不存在过氧化物酶，表明热处理过度

巴氏杀菌方法

- **低温长时杀菌法**（ Low Temperature and Long Time ）： 62-65 摄氏度 30 分钟，不产生蒸煮味
- **高温短时**（ High Temperature and Short Time ）：72-75 摄氏度 15-20 秒，或 80-85 摄氏度 10-20 秒
- **超巴氏杀菌**： 125-138 摄氏度 2-4 秒，保质期有 7 ~ 10d、 30d、 40d，甚至更长。

冷却

- 尽快冷却到 4°C 。

灌装

灌装的目的是便于保存、分送和销售。

1) 包装材料

- 应具有以下特性：能保证产品的质量 and 营养价值；能保证产品的卫生及清洁，对内容物无任何污染；避光、密封，有一定的抗压强度；便于运输；便于携带和开启；减少食品腐败；有一定的装饰作用…

2) 包装形式

- 巴氏杀菌乳的包装形式主要有玻璃瓶、聚乙烯塑料瓶、塑料袋、复合塑纸袋和纸盒等…

第五节 UHT 灭菌乳加工技术

- 原料乳的验收 → 预处理 → 超高温灭菌 → 无菌平衡罐贮藏 → 无菌灌装 → 灭菌乳

生产方法①灌装后灭菌

- 瓶装灭菌概念：是将牛乳装到瓶子中，再进行灭菌处理的牛乳。产品和包装（罐）一起被加热到约 116°C ，保持 20min ，可环境温度下贮存。
- 原料乳 → 验收及预处理 → **灌装** → 高温保持灭菌 → 产品

生产方法②超高温瞬间灭菌（ Ultra High Temperature , UHT ）处理

- 原料乳 → 验收及预处理 → 超高温灭菌 → 无菌平衡贮槽 → **无菌灌装** → 灭菌乳
- UHT（超高温瞬间灭菌）的概念：物料在连续流动的状态下，经 $135 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 不少于 1s 的超高温瞬时灭菌（以完全破坏其中可以生长的微生物和芽孢），然后在无菌状态下包装，包装保护产品不接触光线和空气中的氧，可在环境温度下贮存
- UHT 产品 **应能在非冷藏条件下分销**

关键操作

1. 设备灭菌——无菌状态

- 在投料之前，先用水代替物料进行杀菌。如此循环保持回水温度不低于 130°C ，时间 30min 左右。杀菌完毕后，投入正常生产流程

2. 生产过程——保持无菌状态

- 整个生产过程包括灌装要控制在密封的无菌状态下

3. 水灭菌——保证乳无菌

- 在生产中，发现有污染现象，立即重新进行设备灭菌

4. 中间清洗及最后清洗

- 中间清洗及最后清洗操作均由控制盘内的程序板控制，按程序执行 CIP 操作

第六节 酸乳加工技术

一、酸乳的概念及分类

1、概念

- 酸乳是指以乳为原料，由于乳酸菌发酵制成的凝乳状产品，成品中必须含有大量相应的活菌。

2. 酸乳的分类

按成品的组织状态分类

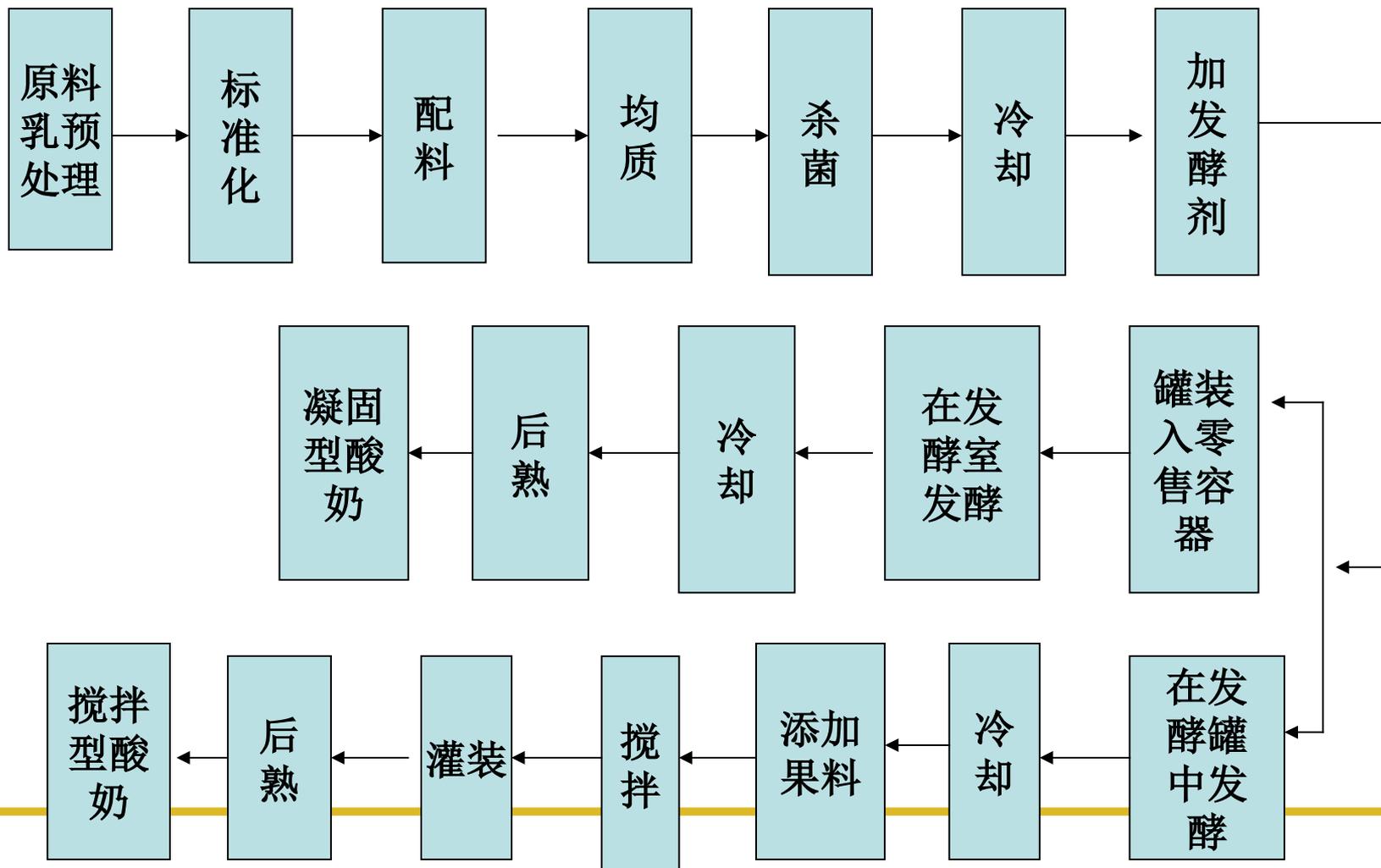
① 凝固型酸奶 (Set yoghurt)

② 搅拌型酸奶 (Stirred yoghurt)

按成品的口味分类

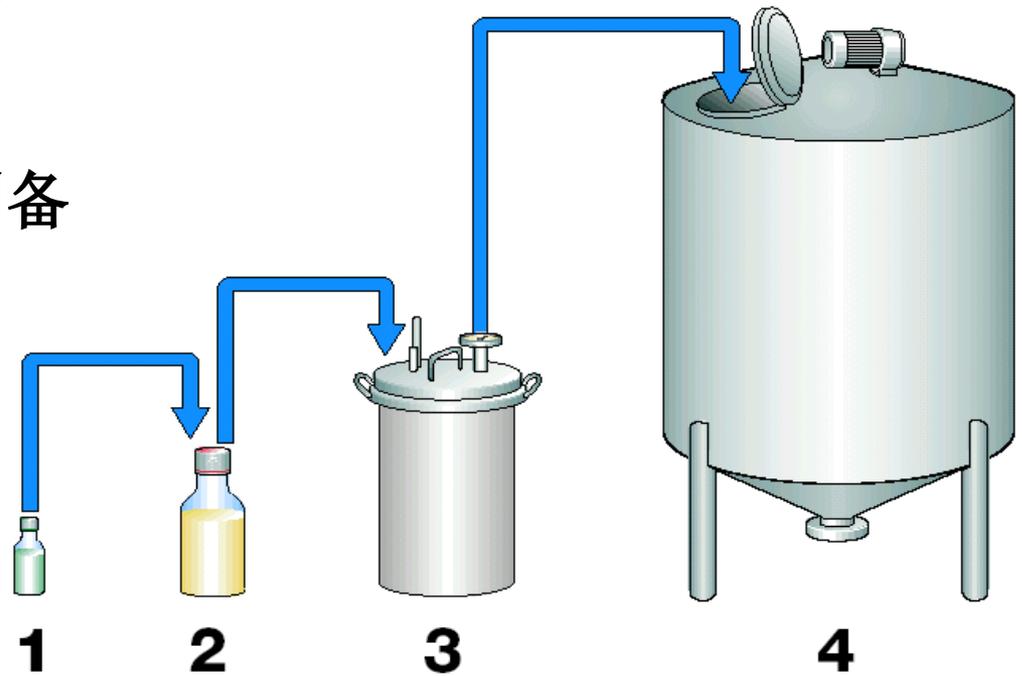
- ① 天然纯酸奶 (Natural yoghurt)
- ② 加糖酸乳 (Sweeten yoghurt)
- ③ 调味酸乳 (Flavored yoghurt)
- ④ 果料酸乳 (Yoghurt with Fruit)
- ⑤ 复合型或营养健康型酸乳
- ⑥ 疗效酸奶 (Curative Effect Yoghurt)

二、酸乳的生产工艺



发酵剂的制备

- (1) 菌种的复活及保存
- (2) 母发酵剂的调制
- (3) 生产发酵剂的制备



(二) 原辅料要求及预处理方法

1. 原料乳的质量要求

- 生产酸乳的原料乳必须是高质量的，要求酸度在 18°T 以下，杂菌数不高于 $50 \text{ 万 cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ ，总干物质含量不得低于 11.5%。
- 不得使用病畜乳如乳房炎乳和残留**抗菌素**、杀菌剂、防腐剂的牛乳。

2. 辅料

(1) 脱脂乳粉 (全脂奶粉)

- **质量高, 无抗生素、防腐剂, 一般添加量为 1% ~ 1.5%。**

(2) 稳定剂

- **稳定剂一般有明胶、果胶、琼脂、变性淀粉、CMC及复合型稳定剂, 其添加量应控制在 0.1% ~ 0.5% 左右。**

(3) 糖及果料

- **一般用蔗糖或葡萄糖作为甜味剂，其添加量一般以 6.5% ~ 8% 为宜。**
- **果料的种类很多，如果酱，其含糖量一般在 50 %左右。**

3. 配合料的预处理

(1) 均质

- 均质所采用的压力以 **20-25 MPa** 为好。

(2) 热处理

- 原料奶经过 **90 ~ 95°C** （可杀死噬菌体）并保持 **5min** 的热处理效果最好。

4. 接种

- 一般生产发酵剂，其产酸活力均在 0.7% ~ 1.0% 之间，此时接种量应为 2% ~ 4%。如果活力低于 0.6% 时，则不应用于生产。
- 制作酸乳常用的发酵剂为嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的混合菌种。

- **如生产短保质期普通酸奶，发酵剂中球菌和杆菌的比例应调整为 1:1 或 2:1 。**
- **生产保质期为 14 ~ 21d 的普通酸奶时，球菌和杆菌的比例应调整为 5:1 ；**
- **对于制作果料酸奶而言，两种菌的比例可以调整到 10:1 ，此时保加利亚乳杆菌的产香性能并不重要，这类酸奶的香味主要来自添加的水果。**

（三）凝固型酸乳的加工工艺要点

（1）灌装

- 可根据市场需要选择玻璃瓶或塑料杯。
- 在装瓶前需对玻璃瓶进行蒸汽灭菌。一次性塑料杯可直接使用（视其情况而定）。

(2) 发酵

- 用保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌的混合发酵剂时，温度保持在 $41 \sim 42^{\circ}\text{C}$ ，培养时间 $2.5 \sim 4.0\text{h}$ （ $2\% \sim 4\%$ 的接种量）。

一般发酵终点可依据如下条件来判断：

- ① 滴定酸度达到 80°T 以上；
- ② pH 值低于 4.6；
- ③ 表面有少量水痕；
- ④ 倾斜酸奶瓶或杯，奶变粘稠。

- 发酵应注意避免震动，否则会影响组织状态；
- 发酵温度应恒定，避免忽高忽低；
- 发酵室内温度上下均匀；
- 掌握好发酵时间，防止酸度不够或过度以及乳清析出。

(3) 冷却后

熟

- 发酵好的凝固酸乳，应立即移入 $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 的冷库中。在冷藏期间，酸度仍会有所上升，同时风味成分双乙酰含量会增加。
- 因此发酵凝固后须在 $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 贮藏 24h 再出售，通常把该贮藏过程称为后成熟，一般最大冷藏期为 $7 \sim 14\text{d}$ 。

(四) 搅拌酸乳加工工艺要点

(1) 发酵

- 典型的搅拌型酸奶生产的培养时间为 2.5 ~ 3hr，42 ~ 43°C。
- 产品的温度应在 30 分钟内从 42 ~ 43°C 冷却至 15 ~ 22°C；
- 冷冻和冻干菌种直接加入酸奶培养罐时培养时间在 43°C，4 ~ 6hr（考虑到其迟滞期较长）。

(2) 凝块的冷却

- 在培养的最后阶段，已达到所需的酸度时（ pH4.2 ~ 4.5 ），酸奶必须迅速降温至 15 ~ 22℃ ，冷却是在具有特殊板片的板式热交换器中进行。**

(3) 调味

- 冷却到 15-22°C 以后，准备包装。果料和香料可在酸奶从缓冲罐到包装机的输送过程中加入。
- 果料添加物可以是：甜的、常含 50-55% 的蔗糖。天然、不加糖的。
- 果料应尽可能均匀一致，并可以加果胶作为增稠剂，果胶的添加量不能超过 0.15%，相当于在成品中含 0.05% — 0.005% 的果胶。

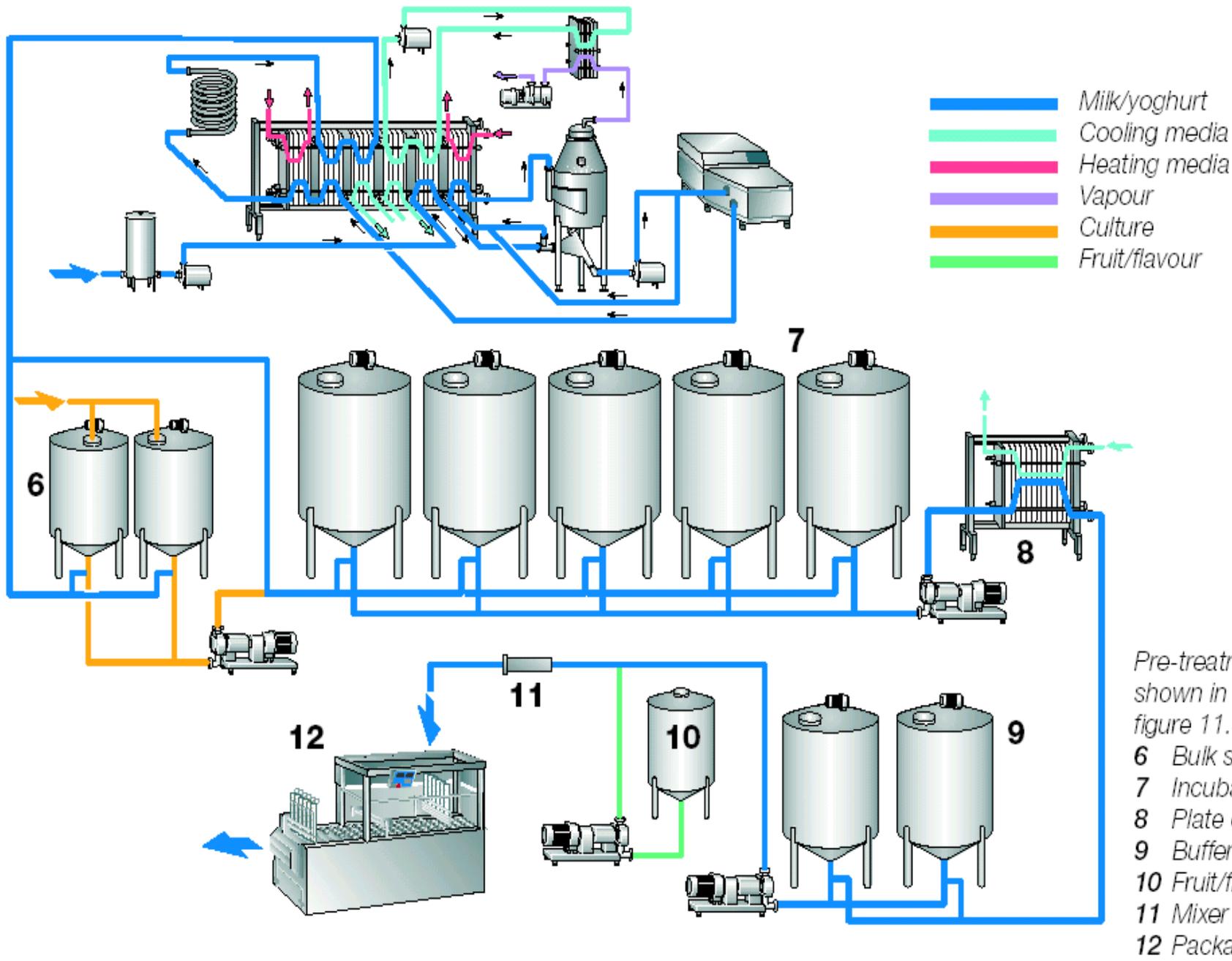


Fig. 11.14 Production line for stirred yoghurt.

（五）酸奶常见的质量缺陷

1. 砂化

从酸奶的外观看，出现粒状组织。

- 产生砂化的原因有：

（1）发酵温度过高。

（2）发酵剂（工作发酵剂）的接种量过大，常大于了3%。

（3）杀菌升温的时间过长。

2. 风味

- ①. 无芳香味
- ②. 酸乳的不洁味
- ③. 酸乳的酸甜度
- ④ 原料乳的异臭

风味不佳的原因

- **（ 1 ） 保加利亚乳杆菌和嗜热乳杆菌的比例不适当。**
- **（ 2 ） 生产过程中污染了杂菌。**
- **（ 3 ） 酸甜比例不适当。**

3. 表面有霉菌生长

酸乳贮藏时间过长或温度过高时，往往在表面出现有霉菌。黑斑点易被察觉，而白色霉菌则不易被注意。这种酸乳被人误食后，轻者有腹胀感觉，重者引起腹痛下泻。

4. 口感差

- **优质酸乳柔嫩、细滑，清香可口。**
但有些酸乳口感粗糙，有砂状感。
- **原因：生产酸乳时，采用了高酸度的乳或劣质的乳粉。**

5. 乳清析出

原因：

- （1）原料乳的干物质含量过低。
- （2）生产过程中震动引起，另外是运输途中道路太差引起。
- （3）蛋白质凝固变性不够，是由于缺钙引起。

6. 发酵不良

原因：

- **原料乳中含有抗生素和磺胺干药物，以及病毒感染。**

控制措施：

- **用于生产发酵乳制品的原料乳，必须作抗生素和磺胺等抑制微生物生长繁殖的药物的检验。**

第七节 冰淇淋的加工技术

1. 冰淇淋

- 冰淇淋的组织状态是固相、气相、液相的复杂结构
- 由于稳定剂和乳化剂的存在，使分散状态均匀细腻
- 凝冻过程在强制搅拌下进行冰冻，使空气以极微小的气泡状态均匀分布于混合料中

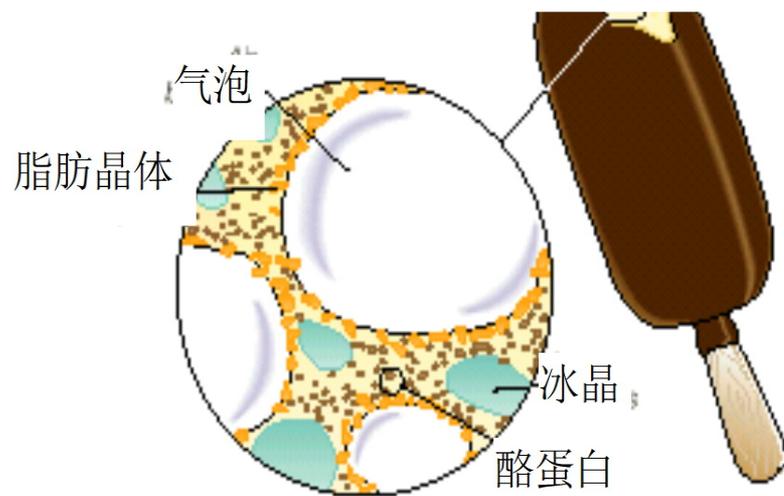


图 13-2 冰淇淋的结构

2. 冰淇淋的膨胀率

- 冰淇淋的膨胀率（Overrun）指冰淇淋混合原料在凝冻时，由于均匀混入许多细小的气泡，使制品体积增加的百分率。

$$X (\%) = \frac{V - V_1}{V_1} \times 100 = \left(\frac{V}{m/\rho} - 1 \right) \times 100$$

式中：V-冰淇淋试样的体积， cm^3 ；

m-冰淇淋试样的混合原料质量，g；

ρ -冰淇淋试样的混合原料密度， g/cm^3 ；

V_1 -冰淇淋试样的混合原料体积， cm^3 (m/ρ)

- 冰淇淋膨胀率并非是越大越好，膨胀率过高，组织松软，缺乏持久性；过低则组织坚实，口感不良。各种冰淇淋都有相应的膨胀率要求，控制不当会降低冰淇淋的品质。影响冰淇淋膨胀率的因素主要有两个方面：

(1) 原料方面

- ① 乳脂肪含量越高，混合料的粘度越大，有利膨胀，但乳脂肪含量过高时，则效果反之。一般乳脂肪含量以 6% ~ 12% 为好，此时膨胀率最好。
- ② 非脂肪乳固体：非脂肪乳固体含量高，能提高膨胀率，一般为 10% 。
- ③ 含糖量高，冰点降低，会降低膨胀率，一般以 13% ~ 15% 为宜。
- ④ 适量的稳定剂，能提高膨胀率；但用量过多则粘度过高，空气不易进入而降低膨胀率，一般不宜超过 0.5% 。
- ⑤ 无机盐对膨胀率有影响。如钠盐能增加膨胀率，而钙盐则会降低膨胀率。

(2) 操作方面

- ① 均质适度，能提高混合料粘度，空气易于进入，使膨胀率提高；但均质过度则粘度高、空气难以进入，膨胀率反而下降。
- ② 在混合料不冻结的情况下，老化温度越低，膨胀率越高。
- ③ 采用瞬间高温杀菌比低温巴氏杀菌法混合料变性少，膨胀率高。
- ④ 空气吸入量合适能得到较佳的膨胀率，应注意控制。
- ⑤ 若凝冻压力过高则空气难以混入，膨胀率则下降。

3. 成型灌装、硬化、贮藏

- 1. 成型灌装 凝冻后的冰淇淋必须立即成型灌装（和硬化），以满足贮藏和销售的需要。冰淇淋的成型有冰砖、纸杯、蛋筒、浇模成型、巧克力涂层冰淇淋、异形冰淇淋切割线等多种成型灌装机。

2. 硬化（Hardening）

- 将经成型灌装机灌装和包装后的冰淇淋迅速置于 -25°C 以下的温度，经过一定时间的速冻，品温保持在 -18°C 一下，使其组织状态固定、硬度增加的过程称为硬化。

- 硬化的目的是固定冰淇淋的组织状态、完成形成细微冰晶的过程，使其组织保持适当的硬度以保证冰淇淋的质量，便于销售与贮藏运输
- 速冻硬化可用速冻库（ $-23 \sim -25^{\circ}\text{C}$ ）、速冻隧道（ $-35 \sim -40^{\circ}\text{C}$ ）或盐水硬化设备（ $-25 \sim -27^{\circ}\text{C}$ ）等。

3. 贮藏

- 硬化后的冰淇淋产品，在销售前应将制品保存在低温冷藏库中。冷藏库的温度为 -20°C ，相对湿度为 85% ~ 90%，贮藏库温度不可忽高忽低，贮存温度及贮存中温度变化往往导致冰淇淋中冰的再结晶。使冰淇淋质地粗糙，影响冰淇淋品质。

Any questions?