

乳粉制造

肖家捷編譯

輕工業出版社

乳 粉 制 造

肖家捷編譯

輕工業出版社

1959·北京

內 容 介 紹

乳粉是乳製品工業中需用最廣、生產最多的一種產品。在大躍進的形勢下，在人民生活日益好轉提高，全國公社化後普設托兒所、幼兒園，在大力培育下一代健康體格的要求下，乳粉更顯得有迫切和大量的需要，並具備了迅速發展的光明前途。為了提高乳粉產品的質量，關於乳粉方面系統的、詳細的參考書籍，已為乳製品工業工作者的迫切要求，因此，特編譯出版本書。

本書主要取材於美國 O.F. Hunziker 所著的 Condensed Milk and Milk Powder 一書的乳粉部分。此書重印七版，為國際上重要的乳粉製造技術參考書之一。本書分十一章，首先講乳的成分及理化性質，繼就真空鍋的操作管理、牛乳濃縮的熱力學、製造乳粉的方法、牛乳噴霧干燥的工程常識，各種乳粉的製造等詳細敘述，最後對各種乳粉的化學成分及性質、乳粉的分析檢驗方法及質量標準等都作了詳盡的介紹。本書在設備方面介紹了丹麥、英、美、德、法和澳大利等國家的優良機械；在工藝方面綜合數十年來有關乳粉研究方面論文、總結的精髓，以提高乳粉的質量和保藏為目標；在工程技術方面，也作了扼要的介紹和提列必要的簡易計算方法。

本書供乳品工廠及有關食品工廠工程技術人員參考外並可作為食品專業院、校、訓練班的教材或參考書。此外農業畜牧、農產加工工作人員及有關院系、食品營養、衛生科系亦可參考。

乳 粉 制 造

肖家捷編譯

輕工業出版社出版

（北京廣安門內白雲寺）

北京市書刊出版業營業許可證出字第 079 號

輕工業出版社印刷厂印刷

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經銷

850×1168 毫米 1/32 5 6 10張 100,000 字

1953年 8月 第1版

1959年 9月 北京第1次印刷

印數：1—1,700 定價：1.10元，90分

統一書號：15042·796

目 錄

第一章 乳的成分及理化性質

- 一、乳的成分 (5)
- 二、牛乳的物理性質 (7)
- 三、牛乳的化学反应 (10)
- 四、牛乳的顏色 (11)
- 五、牛乳的脂肪 (12)
- 六、牛乳的蛋白質 (14)
- 七、乳糖 (15)
- 八、牛乳的无机盐 (18)
- 九、檸檬酸 (19)
- 十、乳的热稳定性 (19)

第二章 真空鍋及其操作管理

- 一、真空鍋的构造 (23)
- 二、列管加热器式真空鍋 (26)
- 三、霧沫分离器 (29)
- 四、冷凝器 (31)
- 五、真空泵 (34)
- 六、真空鍋的操作管理 (36)

第三章 牛乳濃縮的热力学

- 一、真空濃縮 (41)
- 二、蒸汽 (47)
- 三、預热时蒸汽的需用量 (48)
- 四、濃縮时蒸汽的需用量 (50)
- 五、利用牛乳蒸发时所产生的蒸汽中的热能 (53)
- 六、間接热压缩法 (57)

第四章 制造乳粉的方法

- 一、乳粉工业发展簡史 (50)
- 二、乳粉制造方法的分类 (60)
- 三、用冷冻法制造乳粉 (60)
- 四、用平底鍋加热法制造乳粉 (62)
- 五、薄膜 (或滚筒) 干燥法 (62)
- 六、常压滚筒干燥机 (66)
- 七、真空滚筒干燥机 (68)
- 八、薄片式干燥机 (60)
- 九、噴霧干燥法 (71)
- 十、压力式噴霧干燥机 (71)
- 十一、离心式噴霧干燥机 (80)

第五章 牛乳噴霧干燥的工程常識

- 一、热空气需用量 (88)
- 二、空气加热器 (90)
- 三、空气 (91)
- 四、噴霧器 (93)
- 五、乳粉的回收 (97)
- 六、銷售前的准备 (100)

第六章 全脂乳粉的制造

- 一、鮮乳的質量(102)二、工厂卫生(103)三、淨乳(104)
- 四、均質(105)五、預熱(105)六、抗氧剂(108)七、預先濃縮的效果(108)八、包裝(110)

第七章 酪乳粉的制造

- 一、酪乳的干燥(117)二、酸酪乳干燥时的特殊困难(118)
- 三、酪乳粉的发粘及結块(119)四、防止結块的方法(119)
- 五、成品收得率(121)六、防止厌恶的气味(121)

第八章 乳清粉的制造

- 一、噴霧干燥法(123)二、滾筒干燥法(124)三、真空滾筒干燥(126)四、乳清粉的变色(127)五、乳清粉的成分(128)

第九章 麦精乳粉与冰淇淋粉的制造

- 一、麦精乳粉的制法(129)二、麦精乳粉的保藏性(133)
- 三、冰淇淋粉的制法(133)四、甜炼乳粉(135)

第十章 各种乳粉的化学成分及性質

- 一、收得率(136)二、化学成分(137)三、乳粉的顆粒(137)四、氧气的吸附与解吸(138)五、乳粉的比重(139)
- 六、乳粉的松散性(139)七、乳粉的溶解度(140)八、乳粉的颜色(143)九、乳粉中的杂菌(144)十、乳粉的保藏性(146)

第十一章 乳粉的分析檢驗方法和質量标准

- 一、取样及样品的制备(151)二、水分的測定(152)三、脂肪的測定(154)四、溶解度指数的測定(155)五、杂菌数的測定(157)六、杂質的測定(157)七、酸度的測定(158)
- 八、滋味与气味(159)九、化驗結果的波动幅度(159)十、乳粉的质量标准(159)

第一章 乳的成分及理化性質

乳是乳白色不透明的液体，系母代乳腺的分泌物，用来喂养第二代。乳是出生不久幼小动物最适宜的食品，因为乳是一种完全食品，含有维持生命及正常生长发育所必需的、各种物质。兹将常乳所含主要营养素及附属物质总结如下。

一、乳的成分

水分

乳脂肪 各种甘油酯，至少含有11种已知脂肪酸。并含有与乳脂肪有关的物质，如：

维生素甲，维生素甲原（即胡萝卜素）

维生素丁，维生素丁原（即胆甾醇）

维生素戊及各种磷脂、卵磷脂、脑磷脂及神经磷脂。

乳蛋白質 干酪素、乳白蛋白、乳球蛋白都是完全蛋白质，含有全部（二十余种）已知的重要氨基酸。

乳糖 碳水化合物

无机盐 主要是钙、钾与磷；并有少量的氯、钠、镁、硫、铁；以及微量的锌、碘、铜、硅、氟及锰；还有痕迹的铝、硼、铈、钼、镉、钛及钒。

色素 胡萝卜素，叶黄素，乳色素。

维生素 甲，乙₁，乙₂（即庚），乙₆，丙，丁，戊，烟酸，泛酸。

酶 淀粉酶，媒触酶，乳糖酶，解脂酶，过氧化酶，磷酸酶及还原酶。

气体 二氧化碳，氮气及氧气。

細胞类物質 白血球，表皮細胞。

乳的化学成分 人乳、牛乳、山羊乳、綿羊乳、水牛乳，馬乳以及駝乳的化学成分，詳見表1。

表1 哺乳类动物鮮乳成分表

乳的種類	分析人姓名	分析次數	比重	水分 %	總固體 %	脂 %	蛋白質 %	糖 %	白蛋白 %	乳糖 %	无机鹽 %
人 乳											
最 高	科 恩 格	—	1.027	81.09	8.60	1.43	5.00	1.30	3.32	3.88	0.12
最 低	科 恩 格	—	1.032	91.40	18.91	6.83	4.32	1.96	2.36	8.34	1.90
平 均	科 恩 格	200	—	87.41	12.59	3.87	2.29	1.05	1.26	6.21	0.31
	格 里 默	1	1.0348	88.13	11.87	2.24	2.41	1.96	0.45	—	0.25
	格 里 默	1	1.0285	89.47	10.53	3.02	1.89	0.95	0.94	4.37	0.32
牛 乳											
最 高	法 林 童	—	1.0290	82.0	10.00	2.3	2.5	—	—	3.5	0.60
最 低	法 林 童	—	1.0340	90.0	18.00	7.8	4.6	—	—	6.0	0.90
平 均	法 林 童	—	1.0320	87.4	12.60	3.7	3.2	2.7	0.50	5.0	0.70
	范 斯 萊 克	5552	—	87.1	12.90	3.9	3.2	2.5	0.70	5.1	0.70
	巴 布 科 克	—	—	87.17	12.83	3.69	3.55	3.02	0.52	4.88	0.71
山羊乳											
最 高	科 恩 格	—	1.0280	82.02	9.84	3.10	3.22	2.44	0.78	3.26	0.39
最 低	科 恩 格	—	1.0360	90.16	17.98	7.55	5.05	3.94	2.01	5.77	1.06
平 均	科 恩 格	200	1.0305	85.71	14.29	4.78	4.29	3.20	1.09	4.66	0.76
	費 勒 什 曼	—	1.0320	85.80	14.20	4.50	5.00	3.80	1.20	4.00	0.70
	斯 舍 倫	1	1.0313	87.11	12.89	4.45	3.67	2.00	1.67	4.09	0.72
綿羊乳											
最 高	科 恩 格	—	1.0298	74.47	12.98	2.81	4.42	3.59	0.83	2.76	0.13
最 低	科 恩 格	—	1.0385	87.02	25.53	9.80	7.46	5.69	1.77	7.95	1.72
平 均	科 恩 格	32	1.0341	80.82	19.18	6.86	6.52	4.97	1.55	4.91	0.89
	霍 喬	2500	1.0377	78.70	21.90	8.94	6.84	—	—	5.02	1.00
	費 勒 什 曼	—	1.0369	83.00	17.00	5.80	6.30	4.60	1.70	4.60	0.80
水牛乳											
最 高	斯 曾 凱 拉 利	—	1.0310	81.56	15.77	6.63	3.99	—	—	4.16	0.72
最 低	斯 曾 凱 拉 利	—	1.0336	84.23	18.44	9.19	7.78	—	—	5.18	0.85
平 均	斯 曾 凱 拉 利	—	1.0323	82.69	17.31	7.87	5.88	—	—	4.52	0.76
	費 勒 什 曼	21	1.0339	82.93	17.07	7.46	4.59	—	—	4.21	0.86
	賴 門	—	—	81.67	18.33	9.02	3.99	3.63	0.73	5.06	0.86

續表 1

乳的種類	分析人姓名	分析次數	比重	水分 %	總固體 %	脂肪 %	蛋白質 %	干酪素 %	白蛋白 %	乳糖 %	無機鹽 %
馬 乳	費勒什曼	—	1.0310	90.70	9.50	1.20	2.00	—	—	5.70	0.40
	科恩格	47	1.0347	90.78	9.22	1.21	1.99	1.24	0.75	5.87	0.35
	維 茲	—	1.0550	90.13	9.87	0.94	1.65	—	—	6.98	0.30
驢 乳	斯克洛斯基	—	1.0330	88.85	11.15	0.36	1.31	0.98	0.33	4.94	0.31
	科恩格	51	1.0360	89.64	10.36	1.64	2.22	0.67	1.55	5.99	0.51
	伊倫貝格	—	1.0320	91.28	8.77	1.15	1.50	0.94	0.53	6.00	0.40

表 2

七種乳牛所產牛乳的平均成分

乳牛品種	比 重	水 分	總固體 (%)	非脂固體 (%)	脂肪 (%)	蛋白質 (%)	乳糖 (%)	無機鹽 (%)
愛爾縣牛	1.0317	86.89	13.11	8.94	4.14	3.58	4.69	0.68
瑞士黃牛	1.0318	86.59	13.41	9.40	4.02	3.61	5.04	0.73
更 塞 牛	1.0336	85.13	14.87	9.68	5.19	4.02	4.91	0.74
荷 蘭 牛	1.0324	87.50	12.50	8.97	3.55	3.42	4.86	0.68
娟 娜 牛	1.0331	85.31	14.69	9.51	5.18	3.86	4.94	0.70
西門塔爾牛		87.18	12.82	9.03	3.79	3.94	4.81	0.71
短 角 牛		87.43	12.57	8.94	3.63	3.32	4.89	0.73

非脂固體與脂肪的比例

乳牛品種 比 例

愛爾縣牛 1:0.536

瑞士黃牛 1:0.545

更 塞 牛 1:0.454

荷 蘭 牛 1:0.462

乳牛品種 比 例

娟 娜 牛 1:0.406

西門塔爾牛 1:0.397

短 角 牛 1:0.422

平 均 1:0.460

初乳 乳牛產犢後七日以內所產的牛乳，叫做初乳，初乳的顏色黃中帶紅，較濃稠，有強烈氣味，味苦，加熱至沸即行凝固。乳牛產犢以後，乳汁成分逐日變化情況見表 3。

二、牛乳的物理性質

比重 牛乳比水重，在 20℃時其比重平均為 1.032。乳中非脂固體的比重都大於水，只有脂肪比水輕，因此非脂固體

表 3

从初乳到常乳化学成分逐渐变化情况

产犊后時間	比 重	總固體 (%)	脂肪 (%)	干酪素 (%)	蛋白質 (%)	乳糖 (%)	无机鹽 (%)	酸度 (%)	煮沸時是否凝固
立 即	1.0670	26.99	5.10	5.08	11.34	2.19	1.01	.414	是
6小時	1.0437	20.46	6.85	3.51	6.30	2.71	0.91	.524	是
12小時	1.0368	14.53	3.80	3.00	2.96	3.71	0.89	.252	是
24小時	1.0343	12.77	3.40	2.76	1.48	3.98	0.86	.243	是
30小時	1.0318	13.63	4.90	2.56	1.20	4.27	0.83	.220	是
36小時	1.0320	12.22	3.55	2.77	1.03	3.97	0.84	.225	是
48小時	1.0319	11.46	2.80	2.63	0.99	3.97	0.83	.216	是
3 天	1.0331	11.86	3.10	2.70	0.97	4.37	0.84	.225	否
4 天	1.0335	11.85	2.80	2.68	0.82	4.72	0.83	.207	否
5 天	1.0334	12.67	3.75	2.63	0.87	4.76	0.85	.191	否
7 天	1.0320	12.13	3.45	2.42	0.69	4.96	0.84	.202	否

註：1. 蛋白質一欄包括白蛋白与球蛋白；

2. 酸度系按乳酸計算。

含量高的牛乳比重大，而脂肪含量高的則比重小（表 4）。

表 4

脂肪含量对牛乳比重的影响

脂 肪 含 量 (%)	比 重 (在 20°C)	脂 肪 含 量 (%)	比 重 (在 20°C)
0.025	1.035	10	1.023
1	1.034	15	1.016
2	1.033	20	1.011
3	1.032	25	1.007
4	1.031	30	1.002
5	1.030	35	0.998
6	1.029	40	0.993

註：非脂固體保持不變。

表 5

牛乳中各成分的比重

成 分	比 重	
	在 30°C	在 15°C
脂 肪	0.913	0.93
非 脂 固 體	1.592	1.616
乳 糖	1.65	1.666
蛋 白 質	1.35	1.346
无 机 鹽	5.5	4.120

牛乳的脂肪、非脂固体等的比重見表5。

比热 牛乳及若干乳制品的比热見表6。

表6 牛乳及乳制品的比热

品 名	比 热			
	0°C	15°C	40°C	60°C
乳 清	0.978	0.976	0.974	0.972
脫脂乳	0.940	0.943	0.952	0.963
全脂乳	0.920	0.938	0.930	0.918
15%稀奶油	0.750	0.928	0.899	0.900
20% //	0.723	0.940	0.880	0.886
30% //	0.673	0.983	0.852	0.860
45% //	0.606	1.016	0.787	0.793
60% //	0.560	1.053	0.721	0.737
奶油*	(0.512)	(0.527)	0.556	0.580
乳脂肪*	(0.445)	(0.467)	0.500	0.530

*注：括號中數字系假定固体与液體的比热相同，按比例算出。

沸点 溶液中溶有提高溶液比重的物質，就会提高該溶液的沸点，鮮乳及煉乳在常压下的沸点見表7。

表7 乳及乳制品的沸点

品 名	比 重15.5°C	沸 點 (氣壓為760毫米)
水	1.000	100°C
全脂乳	1.0320	100.17
稀乳油(18%脂肪)		100.24
濃縮淡乳	1.0660	100.44
甜煉乳	1.3085	103.2
含有18%蔗糖的全脂乳	1.0913	100.5

冰点 任何一种溶液，都因溶質的存在而冰点降低。牛乳中主要的溶質是乳糖与各种无机盐。純水的冰点为0°C，而牛乳的冰点則在-0.53到-0.57°C之間，一般平均为-0.55°C。甜煉乳(80%脂肪，20%非脂固体及42%蔗糖)的冰点为-14.96°C，濃縮淡乳(7.8%脂肪，17.7%非脂固体)，冰点为-1.34°C。

三、牛乳的化学反应

对石蕊的反应 刚挤出的鲜乳，对石蕊的反应是两性的，也就是使蓝色石蕊变成微红色，而又使红色的石蕊变为淡蓝。

酸度 测定酸度的方法是：取一定数量的鲜乳，用已知浓度的碱液滴定，以酚酞为指示剂，所得结果按乳酸计算。新鲜正常牛乳的酸度在0.086~0.295之间，通常为0.135~0.175%，平均为0.15~0.16%。

氢离子浓度（或 pH 值） 氢离子浓度，才是真正的酸度，通常用 pH 来表示，以免和酸度相混淆。纯水不带酸性也不带碱性而是中性，其氢离子浓度为 1×10^{-7} ，也就是0.000,0001克分子/升。0.000,0001倒数的对数是7，所以水的 pH 值为7。pH 7正是中和的一点，这时氢氧离子（即 OH^- ）与氢离子相等。如 pH 值小于7，则溶液带有酸性，大于7表示带有碱性。刚刚挤出的新鲜牛乳的 pH 值在6.6左右。

自然酸度 存在于刚挤出来的新鲜牛乳中的总酸，叫作自然酸度，主要是干酪素酸与酸性磷酸盐。自然酸度的来源如下：

二氧化碳相当于0.01~0.02%的乳酸；

柠檬酸根相当于0.01%的乳酸；

干酪素相当于0.05~0.08%的乳酸；

白蛋白相当于0.01%的乳酸；

磷酸盐相当于余额。

非脂固体含量愈多，自然酸度愈高；初乳的非脂固体最多，自然酸度亦最大（见表3）。

因发酵而产生的酸度 牛乳在挤出以后，由于细菌的繁殖，酸度增高，因发酵而产生的酸加上牛乳原有的自然酸度，叫作总酸度。总酸度愈高，牛乳的热稳定性愈低，譬如酸度为

0.25%的鮮乳加熱到63°C才凝固，而酸度為0.56~0.58的乳在室溫就會結塊。鮮乳在保藏期間的酸度增高，也顯著地降低蒸發乳的熱穩定性和乳粉的溶解度，因此鮮乳應在低溫保藏，不使酸度增高。

鮮乳的酸度增高，會促進脂肪氧化，使全脂乳粉容易產生油脂氣味，同時加速乳蛋白質的變性，降低乳粉的溶解度。

四、牛乳的顏色

牛乳呈乳白色，白色部分是懸浮在乳中膠體狀態的干酪素微粒及脂肪球，黃色部分是乳色素及胡蘿卜素。

乳色素是一種水溶性的色素，使乳清呈現微黃色，牛乳中乳色素含量均多寡，與乳牛品種有很大關係。

胡蘿卜素是維生素甲的前身，它在植物中與葉綠素同時存在，胡蘿卜素不溶於水而溶於脂肪，在牛乳中溶解於脂肪球內，使牛乳帶有微黃色，使稀乳油和黃油具有黃色。青飼料富含胡蘿卜素，因此春夏兩季的牛乳，黃色較顯著，而冬季顏色較淺。牛乳中胡蘿卜素含量的多寡與乳牛品種也有很大的關係。

加熱的溫度和時間對牛乳濃縮制品的顏色和風味的影響
各種煉乳和各種乳粉，在生產過程中以及儲藏期間，如果受熱過度，促使顏色變暗，同時產生熟湯氣或焦糖氣。科學研究的結果與工業生產中的經驗都指出：變色變味的速度與強度和溫度、時間有關，譬如生產濃縮淡乳時，預熱的溫度太高，或是時間太長，或是溫度既太高，時間又太長，都會加速並加強在殺菌過程中使顏色變棕，並且這化學作用將在儲藏期間繼續進行。儲藏的溫度愈高，變暗的速度愈快，儲藏溫度在7°C以下，這種變色作用才基本停止。

現有的資料還不夠充分解釋變色與變味的機理，但卻已指出變色和變味，是由同一個化學作用所造成的。並且已經了解

这个化学作用受着以下各因素的影响：乳糖的濃度、鮮乳的pH以及鮮乳預熱、濃乳杀菌、成品儲藏的溫度和時間。

牛乳經加熱以後，產生一種“熟湯氣”，這是在加熱過程中由於牛乳的分解，放出一些硫化物所造成的。如繼續高溫或長時間加熱，熟湯氣就轉變為焦糖氣味，與此同時揮發性的硫化物和硫氫基都消失而發出焦糖氣味，並且顏色也變為棕色。

用瞬間加熱法，如溫度不超過沸點，牛乳不會產生熟湯氣；溫度在75°C左右，保持較長時間，則即有熟湯氣出現，在70°C經5小時，牛乳的熟湯氣達到最濃程度。

最近發現在牛乳因加熱而變色變味的同時，氧氣被吸收並產生二氧化碳氣，因此降低罐內部的氧氣含量，可以改進濃縮淡乳的變色變味現象。

五、牛乳的脂肪

牛乳中的脂肪，普通叫作乳脂肪。鮮乳通常含乳脂肪3.8%，但因乳牛品種、泌乳期、飼料、季節以及環境等因素的不同而有很大的出入。

乳脂肪的成分 乳脂肪是由若干脂肪酸的甘油酯所組成，乳脂肪中的脂肪酸已知的有12種，還有微量其他種類的脂肪酸，目前尚不很明了。

有幾種游離脂肪酸能溶解於水並能揮發，這一類佔總脂肪酸的8~12%，其餘88~92%都不溶於水，也不揮發。乳脂肪中除油酸與亞油酸以外，都是飽和脂肪酸。茲將乳脂肪中已知的各種脂肪酸的含量及性質列於表8中。

與乳脂肪有關的物質 牛乳中含有油溶性的物質，如維生素甲及其前身胡蘿卜素、維生素丁及其前身胆甾醇和維生素戊。維生素戊是很好的抗氧劑，而胡蘿卜素則給予牛乳以黃的顏色。

表 8

乳脂肪中各种脂肪酸的含量及其物理常数

脂肪酸的名称	分子量	含 量		融点 (°C)	是否 溶解 于水	是 否 挥 发	是否 饱和
		范 围 (%)	平 均 (%)				
丁 酸	88	2.24~4.23	2.93	-7	+	+	+
己 酸	116	1.29~2.40	1.90	-8	+	+	+
辛 酸	144	0.52~1.04	0.79	16.5	+	+	+
癸 酸	172	1.19~2.01	1.57	31.3	+	+	+
桂 酸 (十二烷酸)	200	4.53~7.69	5.85	43.6	-	可估计	+
鳕 酸 (十四烷酸)	228	15.55~22.62	19.78	54	-	极少	+
棕榈酸 (十六烷酸)	256	5.78~22.86	15.17	63	-	-	+
硬脂酸 (十八烷酸)	284	7.80~20.37	14.91	69.3	-	-	+
花生酸 (二十烷酸)	342	0.50~1.00	0.62	77	-	-	+
油 酸 (十八烯酸)	282	25.27~40.31	31.90	16	-	在饱和蒸汽中少量挥发	-
亚油酸 (十八二烯酸)	280	1.90~5.90	4.14	-18	-	少量挥发	-

此外还有各种磷脂，属于这一类的，有卵磷脂、脑磷脂及神经磷脂，其中以卵磷脂数量最多。几种乳制品的磷脂含量见表 9。

表 9

乳及乳制品的磷脂量

品 名	分 析 纪 录		
	I	II	III
全脂乳	0.037	0.0276	0.0337
脱脂乳	0.0155	0.0166	0.0169
稀乳油	0.1625(23%)	0.155(37.67%)	0.1816(41%)
黄 油	0.2060	0.1685	0.1819
酪 乳	0.1142	0.1415	0.1872
离心分離机中的污垢		0.68	

鲜乳中的各种磷脂对于全脂乳粉的风味变劣有重要作用，因此用离心淨乳机除去鲜乳中的污垢，可以延长全脂乳粉的保藏期。除去一部分卵磷脂，也显著地改进了全脂粉乳的保藏性，氧化气味的出现以及伴随而来的乳脂肪自我氧化虽不能防止，但可大为延缓。牛乳在 95~110°C 进行巴氏杀菌时，其中

卵磷脂破坏高达28%，因此采用高温，在沸点以上预热，以破坏各种磷脂，可以改进全脂乳粉的保藏性，并且在大规模生产中业已证实。

卵磷脂水解以后，产生胆碱，胆碱不甚稳定，当进一步分解时又产生三甲基胺，这三甲基胺使乳制品带有不愉快的鱼腥味。关于胆碱产生三甲基胺的化学反应，曾有很多科学家进行研究，然而是否属于水解作用抑或氧化作用，还是疑问。乳粉中水分高、酸度高都会加速卵磷脂的水解，如有铜、铁及其盐类存在时更加速这一反应。

六、牛乳的蛋白質

牛乳中通常含有蛋白質3.4~3.8%，蛋白質的性質對於生产各种乳粉有着重大关系。加热过程中蛋白質的化学与物理变化决定着各种炼乳的热稳定性以及各种乳粉的溶解度。牛乳中的主要蛋白質有：干酪素、白蛋白及球蛋白。

干酪素 干酪素是牛乳中的主要蛋白質，由若干氨基酸所組成。干酪素是一种营养价值很高的完全蛋白質，含：碳52.95%，氧22.78%，氮15.65%，氢7.05%，磷0.85%，硫0.72%。

干酪素鈣盐与酚酞反应时呈酸性，当与碱类起作用，和酸类一样，产生类似盐类的化合物。溶於弱碱和强酸，但与强碱、弱酸、凝乳酶、酒精以及若干盐类起化学作用则凝固。在常温之下，当鲜乳的酸度到达0.6~0.7%时，产生乳酸鈣与干酪素，因而干酪素凝固。如将凝乳酶加入鲜乳中，则产生副干酪素也凝結成块。

鲜乳中干酪素的含量因乳牛的品种、泌乳期以及飼料等因素的不同而有很大差别，含量自1.5%到4.5%。

白蛋白 在化学成分方面，白蛋白与干酪素的主要不同点是白蛋白不含磷，而硫的含量却超过干酪素一倍。白蛋白含：

炭52.19%，氧23.13%，氮15.77%，氫7.18%，硫1.73%。

白蛋白溶解於水、各種稀酸以及稀的氯化鈉溶液與碳酸鈉溶液。凝乳酶不能使白蛋白凝固，但加熱時比干酪素容易凝固（見表10）。

表10 在不同溫度下白蛋白凝固的百分率

在以下溫度保持 30分鐘	凝結百分率	在以下溫度保持 30分鐘	凝結百分率
62.8°C	0.00	71.1°C	80.87
65.6°C	5.71	100°C	99.85
68.0°C	12.76		

牛乳平均約含白蛋白0.6%，以初乳中含的白蛋白為最多，曾經發現過分娩後第一次擠奶所得的初乳，其中白蛋白高達11.34%以上，這樣高的含量需要強調指出，收奶時必須小心檢驗，以免加熱時因初乳中白蛋白的凝固而造成損失。

球蛋白 正常的鮮乳平均約含球蛋白0.05%。初乳中球蛋白含量很高，剛剛分娩後的初乳，有時球蛋白的含量高達8%，12小時後降到0.93%，6天以後降到0.04%左右。球蛋白的成分如下：碳49.83%，氫7.77%，氮15.28%，氧25.88%，硫1.24%。鮮乳加熱到72°C，球蛋白完全凝固。

七、乳 糖

乳糖 ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$) 是鮮乳中的主要碳水化合物，甜味僅及蔗糖的六分之一。鮮乳含乳糖4.50~5.00%，平均約為4.8%。

在生產煉乳與乳粉時，乳糖的性質對成品質量的影響很大，譬如甜煉乳中乳糖結晶的大小，關係成品組織是否細膩；乳粉中非結晶狀態的乳糖吸濕性強，容易造成發粘和結塊，這種現象，以酸性酪乳粉和乳清粉更為嚴重。

在溶液中，乳糖有兩種類型，即 α 型與 β 型；結晶乳糖則有三種形式，即 α 型含水乳糖、 α 型無水乳糖及 β 型無水乳糖。

α 型含水乳糖 ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$) 这是普通市售的结晶乳糖，由乳糖溶液在常温下结晶而成，含有一个分子的结晶水，其水溶液的旋光度为 $+89.4^\circ$ ，熔点为 210.6°C 。

α 型无水乳糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 将含水 α 型乳糖在 $65\sim 93.5^\circ\text{C}$ 进行脱水而制成，其熔点为 225°C ，在干燥空气中，无水乳糖性质稳定，但在 93.5°C 以下的潮湿空气中，则转变为含水乳糖，在 93.5°C 以上，则转变为 β 型无水乳糖。

β 型无水乳糖 当乳糖的水溶液在 93.5°C 以上浓缩并结晶，则产生 β 型无水乳糖。其水溶液的旋光度为 $+35.0$ ，但逐渐改变为 55.5 ，其熔点为 252.2°C 。

乳糖的溶解度 乳糖的溶解度有三种：即最初溶解度、最后溶解度以及过饱和度。兹列表于下：

表11 乳糖的溶解度（按无水乳糖计）

温 度 ($^\circ\text{C}$)	最 初 溶 解 度 (%)	最 后 溶 解 度 (%)
0	4.8	11.9
15	6.8	16.9
25	8.2	21.6
39	11.0	31.5
49	15.0	42.4
64	21.0	65.8
74	26.0	86.2
89	37.0	139.2

最初溶解度 将普通乳糖（ α 型含结晶水的乳糖）放到水里剧烈搅拌，使迅速溶解成为饱和溶液，这时就有一定数量的乳糖很快地溶解在水里，所溶解的数量，就是乳糖的最初溶解度。这种最初溶解度是暂时的，因为已溶解的 α 型乳糖在溶液中，不断地变成无水 β 型乳糖，直到 β 型与 α 型乳糖的比例达到平衡。这一变化，使得溶液中 α 型乳糖的浓度降低，从饱和