

高等农业院校教学参考书

乳与乳制品工艺学

(只限学校内部使用)

П.Ф.加欽科編著

畜产品加工专业及畜牧专业用

农业出版社

高等农业院校教学参考书

乳与乳制品工艺学

(只限学校内部使用)

П. Ф. 加 欽 科 編 著
东北农学院畜产品加工专业译

畜产品加工专业及畜牧专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校教学参考书
乳与乳制品工艺学
П. Ф. 加 欽 科 編 著
东北农学院畜产品加工专业译

农业出版社出版
北京老线局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海洪兴印刷厂印刷装订

统一书号 K16144·1263

1963年2月北京翻型	开本	787×1092毫米
		十六分之一
1962年8月初版	字数	344千字
1962年3月上海第一次印刷	印张	十六又八分之一
	插页	一
印数 1-1,800册	定价	(9) 一元五角五分

目 录

緒論	1
苏联乳品工业概况	1
苏联乳品工业方面的高等教育事业概况	3
第一章 乳的成分	8
一、牛乳的化学成分	8
(一)水分	8
(二)乳中的气体	11
(三)乳脂肪	11
(四)乳糖	20
(五)乳蛋白質	21
(六)乳的維生素	39
(七)乳中的酶	40
(八)乳中的盐类	42
二、其他农畜乳	45
第二章 乳与乳制品的微生物学	47
一、概論	47
二、乳中常見微生物的分类和形态	48
三、乳酸菌	49
四、供生产酸性奶油、酸稀奶油、酸凝乳和普通酸牛乳用的干发酵剂的使用規程	51
(一)第一次发酵剂(母发酵剂)的制备	51
(二)第二次发酵剂(生产发酵剂)的制备	51
五、奶油发酵剂	53
六、干酪发酵剂	55
七、酸乳制品发酵剂	55
八、水	55
九、生产用的材料	58
十、檢驗結果的記錄文件	59
十一、通知文件	61
十二、噬菌作用	62
十三、乳酸发酵	64
十四、酒精发酵	65
(一)牛乳酒真菌活性的恢复	65
(二)牛乳酒的制造	66

(三)牛乳酒真菌的缺陷	66
十五、乳酸菌与酵母菌的抗菌性	67
十六、其他细菌(非乳酸菌)	69
十七、乳中的致病菌	70
第三章 牧场内乳的初步加工	72
一、乳的冷却、贮藏与运输	75
(一)乳的冷却与贮藏	75
(二)乳的运输	80
二、对工业加工用乳的要求	80
第四章 巴氏杀菌乳的生产	82
一、乳的巴氏杀菌、净化和冷却	82
二、巴氏杀菌乳乳瓶的洗涤与分装	88
三、巴氏杀菌饮用乳的标准	91
四、饮用乳处理的新方法	92
第五章 酸乳制品的生产	95
一、酸牛乳的生产	96
二、嗜酸菌乳的生产	97
三、牛乳酒的生产	98
四、酸稀奶油的生产	99
五、酸凝乳和酸凝乳制品的生产	100
第六章 高温杀菌乳的生产	102
一、乳的接收与分级	103
二、乳的净化、巴氏杀菌与贮存	103
三、乳汁在高温杀菌前的均质化	104
四、乳的高温杀菌	105
第七章 乳粉生产的现代技术和工艺过程	108
一、乳粉加工前原料的准备	109
二、乳的巴氏杀菌	111
三、乳的浓缩	112
四、乳的干燥	117
五、喷雾干燥器的比较评定	119
六、薄膜法	126
七、乳粉的包装	128
第八章 炼乳的生产	131
一、加糖炼乳的生产	131
(一)原料乳的标化及杀菌	131
(二)炼乳的加糖及浓缩	132
(三)炼乳中乳糖的结晶	135

(四)加糖炼乳的分装与包装	136
(五)加糖炼乳的贮藏	137
二、可可加糖炼乳及咖啡加糖炼乳的生产	137
三、高温杀菌炼乳的生产	138
第九章 奶油生产的现代技术与工艺	143
一、乳的分离与分离机的结构	143
(一)开放式分离机	147
(二)半开放式分离机	149
(三)密闭式分离机	152
二、稀奶油在搅拌前的准备	154
三、稀奶油的成熟	155
(一)物理的成熟	155
(二)生物化学的成熟	156
四、稀奶油的搅拌和奶油的加工	159
(一)稀奶油的搅拌	160
(二)奶油的洗涤	162
(三)奶油的压炼	162
五、在轧辊式奶油制造器中制造奶油	164
六、在无轧辊的奶油制造器中制造奶油	166
七、在连续操作的奶油制造器中制造奶油	168
八、用分离方法制造奶油	169
九、奶油的贮藏及品质评定	174
(一)奶油的滋味及气味缺陷	176
(二)组织状态及外观上的缺陷	178
第十章 食用乳蛋白粉的生产	181
一、原材料的准备	181
二、蛋白质的凝固	182
三、蛋白质的离心分离	183
四、蛋白质的干燥	185
五、干燥蛋白质的粉碎	188
第十一章 工业用酸性干酪素的生产	190
一、对脱脂乳的要求	191
二、干酪素的沉淀	191
三、乳酸干酪素的生产	191
四、盐酸及硫酸干酪素的生产	194
五、连续法生产干酪素	195
(一)使用离心机生产干酪素	195
(二)用刮板输送机生产干酪素	197
六、半连续法生产干酪素	199

七、乳白蛋白的生产	200
第十二章 乳糖的生产	203
一、乳糖生产的工艺过程	203
二、乳清的脱脂	204
三、蛋白质的分离	204
四、乳清的澄清与过滤	206
五、滤过乳清的浓缩	206
六、乳糖的结晶	207
七、乳糖晶体与糖蜜的分离	207
八、乳糖的干燥	208
九、乳糖的净化与精制	209
十、非结晶方法用乳清生产乳糖(喷雾法)	210
第十三章 干酪生产的现代工艺过程和技术	211
一、干酪生产的基本原理	211
二、干酪生产的一般工艺过程	216
(一)乳在凝固前的准备	216
(二)凝乳酶凝固乳	224
(三)凝块的加工	231
(四)干酪的成型与压榨	236
(五)干酪的加盐(盐渍)	239
(六)干酪的成熟与管理	243
三、各种干酪生产的工艺过程	245
(一)荷兰干酪、柯斯特罗姆干酪和草原干酪的生产	245
(二)雅罗斯拉夫干酪的生产	250

緒 論

苏联乳品工业概况

伟大的十月革命以后的四十二年当中，苏联已成为具有头等工业及先进农业的社会主义强国。

苏联共产党及政府在发展畜牧业和提高畜牧业的生产力方面，采取了許多具体的措施，因而为工业各部門的进一步发展創造了有利的条件，畜产品是各种工业、首先是乳品工业的原料。

十月革命前，俄国乳品工业是一种手工业式的企业，通常除馬力传动之外，多数是采用手工劳动。作为国民經济一个部門的乳品工业，是在苏維埃政权建立和国内战争結束后的二十年代才开始建立的。

在苏維埃建政的年代里，建立了有数千个企业，出現了机械化的奶油制造厂和干酪及乳品罐頭企业。在十月革命前的俄国，仅有4—5处城市乳品工厂。目前則有250多个城市和工业中心有这样的工厂，并且几乎在100个城市內建立了新的企业。

虽然由于1941—1945年发生了战争，苏联許多地区的乳品工业企业完全遭到破坏，但是，苏联人民在共产党的领导下恢复了这些企业，同时这些企业的規模大大地超过了战前的水平。这一点通过1940年、1950年及1958年国家乳品工厂产品的生产材料可以証实：

	1940年	1950年	1958年
奶油(千吨)	207.2	325.2	638
干酪(千吨)	37.3	49.1	143.9
奶粉(千吨)	3.1	9.4	44
炼乳罐頭(百万罐)	25.5	30.0	386
全乳(千吨)	1,306	1,138	6,000

近十年来，苏联乳品生产的迅速发展，証明了苏联共产党中央委员会提出的在最短時間內，乳及奶油的生产按人口計算赶上美国是完全可能的。

目前，苏联奶油及乳的总产量已占世界第一位。

1958年苏联生产的奶油，包括家庭生产的在內，共778,000吨，但同年美国的产量仅700,000吨。

1957年苏联和美国按人口計算动物油的比例为3.8:4.2公斤。为了在奶油的生产方面按人口計算赶上美国，苏联应当大約再生产100,000吨就可以赶上美国。

苏联规定的任务在近七年内工厂生产的奶油产量将达到 100 万吨。据统计，目前世界奶油的产量大约为 3,400,000 吨。因此，苏联目前的产量，已占世界奶油产量的 20% 以上，而到 1965 年，苏联奶油的产量将占世界各国总产量的 1/3。

1959—1965 年的七年远景规划，规定乳制品的生产增长数字如下：

	1958 年	1965 年	增加到(倍)
全乳(百万吨)	6.0	13.5	2.23
奶油(千吨)	638	1006.0	1.58
干酪(千吨)	148	352	2.28
奶粉(吨)	44	203	4.63
乳品罐头(百万罐)	386	873	2.38

因此，在目前的七年计划中，全乳、奶粉及干酪生产的发展速度较快，而奶油生产的发展速度较慢。这样做就更能充分的利用乳的所有成分——不仅是脂肪，而且也包括在食品方面最有价值的蛋白质、乳糖、矿物质及维生素等。

目前，苏联具有几千个规模宏大的乳品工厂和奶油及干酪制造业的乳品工业。例如在乳品工业中，有 4,683 个奶油制造厂，1914 个干酪制造厂及 256 个城市乳品厂，34 个大型的乳品罐头工厂。在奶油及干酪制造厂中有 350 个炼乳及脱脂奶粉加工车间，130 个乳糖加工车间。这些生产基地，最近几年还要扩大及改建。

此外，将要新建 1,000 多个乳品企业，主要是在乳牛业发达地区及工业中心地区。在 1959—1965 年，国家将拨款 65 亿卢布作为扩建及改建现有企业和新建干酪、奶油及其他乳品企业的基本投资。这些投资，相当于过去七年的 2.8 倍。

在目前的七年计划中，规定要大大地提高乳品工业企业的技术水平。将广泛地实行奶油连续生产自动线。在乳品工厂和稀奶油分离站，计划装设具有巨大生产能力的新型设备：强大功率的分离机，巴氏杀菌装置，瓶装乳自动线和其他最新式的机械与设备。

从 1955 年开始，在苏联的乳品工业中，广泛地实行了奶油的连续生产法。1955 年在奶油工厂中，使用了 342 个这样的自动线，而到 1957 年末，自动线的数量已超过了 1,000 个。在 1956 年由自动线生产的奶油有 51,000 吨，而目前已超过了 200,000 吨。

干酪的生产，还没有达到理想的规模。干酪产量与奶油产量比较，苏联比其他国家，特别是美国，还相差较远。

乳品罐头工业在十月革命前的俄国还是乳品工业中最年轻的一个部门。当时只有三家外国式的半手工业工厂，其中两个生产奶粉，一个生产极少量的炼乳。在近 30 年来开始出现了具有先进技术的乳品罐头工厂，生产了良质的加糖脱脂炼乳与全脂炼乳，以及大量全脂的奶粉。在这一点上，苏联的乳品罐头工业与美国有所不同，美国主要是生产脱脂奶粉，利用在生产奶油分离乳时所获得的脱脂乳进行生产。每吨奶油就应有一吨脱脂奶粉。我们对脱脂乳的利用还不够，所以在脱脂奶粉和食用乳蛋白粉生产的急剧增加方面应采取措施。

我们已研究出食用乳蛋白粉的生产方法，这种方法同食用干酪素的生产有很大的不同。

通常是利用脫脂乳中含有的全部蛋白質(酪蛋白、乳白蛋白、乳球蛋白)進行生產的。在生產食用干酪素時,正如大家所知道的那樣,不利用全價的乳清蛋白。

目前這個方法只有蘇聯能掌握。為了生產這種產品,已建立了連續生產自動線。

某些乳品罐頭工廠已經有生產高溫殺菌煉乳的設備。這些產品對於供應炎熱地區乳汁來說,有很大的發展前途,因為這些地區很難得到全乳。同時還提出了生產用瓶裝高溫殺菌煉乳的發展任務。煉乳的生產,在南部國家如意大利,有很大發展。高溫殺菌乳能比煉乳更好地保持原來的特性,並且具有很高的品質。它可在常溫下長期保存,並能在普通車廂中運到很遠地方,還能在沒有冷藏庫的批發站、商店和家庭條件下貯存。蘇聯最近幾年將有生產高溫殺菌乳的工廠投入生產。但應當指出,加工這種乳需要品質很高的原乳,而這種乳則應該從有嚴格衛生條件的牧場中獲得,並且應保持新鮮狀態送到工廠。高溫殺菌乳也可以在罐頭廠普通的高壓蒸汽滅菌器中生產,但在這種情況下,產品呈褐色帶有煮沸牛乳的味道。

干酪素的生產取決於工業的需要,而工業生產的干酪素是供製備膠和塑料用的。隨着蘇聯化學工業,特別是聚合體合成材料的發展,對工業干酪素需要降低到最低限度或者完全不需要。膠可以用非食用的原料生產,而干酪素(是食品方面的全價蛋白)完全可以利用作為食品。但是目前在工業上還需要一定數量的干酪素。所以蘇聯乳品工業每年還生產這種產品約2萬噸。

從青霉素工業方面來看,需要大量發展乳糖的生產。因此,蘇聯在很多干酪工廠都設有生產粗制乳糖的車間。精制乳糖多半是在製藥廠生產。

在蘇聯,還沒有消除生產牛乳和供應城市牛乳的季節性。根據這個原因,在秋冬季節,售給居民的牛乳只有夏季的三分之二到二分之一。消除這種季節性的措施是:應當使乳牛進行全年分娩和生產大量的乳品罐頭,以及能長期貯存的高溫殺菌乳和奶粉。

從上述蘇聯乳品工業現狀的簡短敘述和蘇聯1959—1965年發展國民經濟七年計劃中所規定的乳品工業發展計劃,可以充分說明,乳品工業是食品工業中的一個重要部門,它的發展前途是很大的。

為了進一步提高乳品工業的生產技術,要採取措施擴大牛乳的生產,在農業中採用新的技術和在乳品工業中採用先進的工藝技術。

蘇聯共產黨中央委員會和蘇聯部長會議就發展完善的機器製造業在1959年通過了決議,其中特別注意到在乳品工業中採用新技術的問題。

可以確信,蘇聯的這些新技術和先進工藝技術將有助於中國乳品業的更快發展。

蘇聯乳品工業方面的高等教育事業概況

早在二十年以前,蘇聯的乳品工業就已經有了數十名具有高等教育的專家。

目前在乳品工業中有數千名工程師在進行工作。在列寧格勒、莫斯科、鄂木斯克、沃洛果達和蘇聯的一些其他城市的乳品工業學院,都還在培養着乳品工業方面的工程師。數十

个中等专业学校及二年制学校在培养着技师和工长。

在列宁格勒有冷藏和乳品工艺学院。乳品专业有两个系：乳品工艺系和乳品机械系。毕业于乳品工艺系的大学生授予乳品工业工艺工程师的证书；毕业于乳品机械系的大学生授予乳品工业机械工程师的证书。莫斯科肉乳工业学院也有同样的两个系。肉品专业中包括有禽产品加工的专门化，而皮革和毛皮方面的加工在轻工业的化学工艺学院内专门研究。在畜牧学院与农学院有 110 小时的畜产品加工工艺课程，其中讲课 50 小时，实验实习 60 小时。讲课在第五学年进行。在莫斯科季米里亚捷夫农学院主持下对所有的畜牧学院与农学院制定了关于本课程教学法参考书和教学大纲。大家所熟知的已译成中文的“乳与乳品事业”的作者达维道夫教授，现在领导着季米里亚捷夫农学院乳业教研组的工作。

乳业课程的教学大纲包括：

绪言——在绪言中简述苏联乳业概况，苏联乳品工业简史和现状。乳业课程的意义及其在培养高等畜牧技师的教学计划中的地位。

课程的教学大纲由下列各部分组成：

1. 乳的化学成分与物理化学特性；
2. 乳的形成与分泌；
3. 其他农畜乳的成分和特性；
4. 乳成分与特性的变化；
5. 乳业中卫生保健制度；
6. 乳的获得与加工技术；
7. 分离机和乳的分离；
8. 乳和酸乳制品；
9. 奶油制造；
10. 干酪制造；
11. 乳品罐头；
12. 牧场乳加工室；
13. 集体农庄和国营农场向国家交售的乳与乳制品；
14. 乳业中冷藏的应用。

教学大纲的每个部分都附有在牧场、教学工厂的实验室实习和到企业部门去参观的内容。

高等工艺学院肉、乳制品工艺专业的教学计划规定的学习期间为 4 年零 10 个月。专门化的乳品工艺和肉品的工艺工程师，是分别在有关的专业内进行培养的。

教学过程的全部计划包括有理论基础课：马列主义基础、政治经济学、外国语、体育、高等数学、画法几何、机械制图、物理学、理论力学、无机化学、物理化学与胶体化学、金属工艺和工厂工艺、材料力学、机械原理、机械零件、普通热工学、流体力学及泵、食品生产的过程及器械、冷藏技术、普通电工学、食品生产的电器设备、食品生产过程自动化原理、工艺微生物

学、生物化学、畜牧学原理、农畜組織学原理(对肉品专业)、建筑业原理和保健技术学、安全技术原理和防火工作、肉品工业和乳品工业經济学、肉品工业和乳品工业企业計划組織。

专业課：乳与乳制品工艺学和肉与肉制品工艺学，在相应系的第四和第五学年进行：

§1. 乳与乳制品工艺学(肉与肉制品工艺学)215小时，其中讲课 115 小时，实验实习 100 小时。

§2. 乳品工业的工艺企业設備(肉品工业企业的工艺設備)135小时，其中讲课 70 小时，实验实习 65 小时。

§3. 选修課 40 小时。

乳与乳品工艺专业用的“乳与乳制品工艺学”課程的教学大綱是由不包括緒論的六个主要部分組成的。

第一部分：乳的普通工艺学

乳作为食品和乳品工业的原料：高质量乳品的获得条件。乳品的收购和接收。乳的冷却。乳的巴氏杀菌。巴氏杀菌的新方法。乳的高温杀菌。清除乳中机械杂质的方法。乳的均质化。乳的分离。

第二部分：城市乳品工厂的产品工艺学

产品的种类。疗养性乳制品的工艺学。酸乳制品的工艺学。冰淇淋的工艺学。

第三部分：干酪与干酪素的工艺学

乳在凝固前的准备。乳在槽内的加工。干酪的盐醃。干酪的成熟。各种类型干酪的分类和生产特点。干酪的标记、包装、贮存与运输。干酪的再加工。干酪素的生产。

第四部分：奶油的工艺学

奶油的生产历史、奶油的分类。奶油的連續法生产、攪拌法生产和分离法生产。乳脂肪和熔炼奶油的生产。奶油的貯藏和品质評定。

第五部分：乳品罐頭工艺学

炼乳罐头的生产。奶粉罐头的生产。乳糖的生产。

第六部分：制成品的貯藏、运输和检查。

国家检查机关的組織，品质检查，生产检查，生产技术化学检查的系統。运输。乳品工业的輔助原料。

实验室工作大綱包括：

乳的品质評定。酸稀奶油，酸凝乳，疗养性乳制品和冰淇淋的生产过程的研究和品质評定。干酪、奶油及乳品罐头的生产过程研究与品质評定。

在乳与乳制品工艺学的讲授期間，第四和第五学年規定学生有三个生产实习。

一般的工程实习	6 周
工艺实习	7 周
毕业生产实习	8 周
共 計	21 周

一般工程实习的任务是使学生熟悉乳品厂全套设备情况(鍋爐間、供电设备、供水设备、排水设备、机械化设备等)和生产设备的类型,个别生产实例的技术过程原理,以及企业組織的一般規則。根据教学計划,一般工程的实习是用以巩固所学过的理論知識,特别是工程課目方面的知識:操作法和器械、工程力学、热工学、材料力学、机械零件、电工学問題等等。使学生通过以工人身分直接参加工作的方式熟悉生产。

工艺实习是加深和巩固学生的专业課与企业經濟課程方面的理論知識,以及使学生获得实际生产技能。

在这个实习中,学生应该研究生产工艺过程,机器和器械的操作,技术化学检查方案,熟悉劳动組織,企业的致冷设备与动力设备。在实习期间,学生应该以工人身分参加工作,得到对机械工(在乳品罐頭工厂)和車間工长助手(在奶油工厂)要求范围内所必须具备的知識,和掌握实际工作技能。

毕业生产实习的目的,是在生产条件下通过实习加深和巩固在学校中学习专业課与所有科技課程时得到的知識,得到生产技术管理与行政管理的經驗,掌握生产过程检查的实际技能,熟悉企业工作的基本技术經濟指标,以及編制生产技术財政計划与报表的定額和方法。除上述任务之外,大部分的时间用来完成毕业設計而进行收集材料的工作。

在乳与乳制品工艺学課程的进行中,乳品工艺系与乳品机械系的五年級学生要作課程設計。乳与乳制品工艺学的課程設計的范围在工艺学部分包括計算与說明书:

1. 工艺系統的操作原理;
2. 产品計算;
3. 生产車間设备的計算与选择;
4. 劳动力的計算;
5. 生产車間的生产輔助房間的面积的确定;
6. 决定生产建筑空間及其联合的簡明的論据;
7. 房間建筑的基本特点。

图表部分包括: 1. 工艺过程图解; 2. 生产厂房的平面图与断面图(用比例尺), 机器与器械的工作图表。

学生应按指定的題目完成毕业設計。学生提出計算說明书和图表材料应包括: 1. 企业的总計划; 2. 生产工艺过程和图解; 3. 描繪有设备的企業設計图; 4. 企业的設計断面图。

我在这里大概的向大家介紹一下苏联高等学校中讲授有关乳业課方面的两种情况:

1. 在畜牧学院和农学院, 这門課程不是专业課, 也就是說在这些高等学校中, 实际上不是专门培养乳肉等加工方面的大学生。

乳业这門課, 是以畜产品加工工艺学正式列入在畜牧及农业院校的一門課程, 只是向学生讲授有关乳及乳制品的技术及工艺过程的一般概念, 所以这門課程是培养高級畜牧学家所必需的主要专业补充課。正因为如此, 所以我在讲授这門課程以前, 首先应该提出上述的教学計划, 教学进度計划和这門課程的教学大綱, 不能够直接用来制定中国东北农学院及其他畜牧高等学校建立新专业的教学計划和教学进度計划。但是, 其中有些資料, 如教学計划, 教学进度計划, 特别是乳业課的教学大綱, 在制定畜产品加工专业, 特别是乳及乳制品加工专业的教学計划时, 可以作为参考。从这点看来, 已譯成中文的达維道夫著的“乳与乳品事业”及庫格涅夫著的“实习指导”, 对我们有很大价值。

2. 我們審核了蘇聯乳及肉品工業技術高等學校的教學計劃和教學進度計劃，看來對你們建立新專業——畜產品加工專業，也不完全適合。因為在這些高等學校，在培養工程技術人材方面有很大差別。這也說明，蘇聯的乳品工業及肉品工業，就其本身的发展和複雜的技術裝備來說，已達到相當高的技術水平，而要求的幹部，都是根據乳品工業及肉品工業分別所需要的機械工程師和工藝工程師專門進行培養的（正如我以前所提到的，禽產品加工是放在肉品專業講授，其他皮及毛皮的初步加工也是如此）。

因此，我們的任務是共同努力吸取蘇聯在培養乳品及肉品工業機械工程師及工藝工程師方面的經驗，來制定畜產品加工專業的教學計劃和教學進度計劃。但是，在建立新專業的同時，不僅要考慮到中國的乳品工業及肉品工業的現狀，而最主要的應考慮到中國食品工業的這些部門，在最近幾年就增加乳的生產和在食品工業中運用乳肉加工的現代技術和工藝過程方面的发展遠景。

根據上述情況，需要我們加倍努力和創造性地勞動，我相信在我們的共同事業中，將會取得巨大成就。

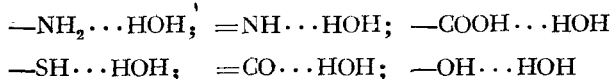
第一章 乳的成分

一、牛乳的化学成分

乳乃是生理学液体，这种液体含有培育初生机体所必需的全部主要营养物质，如蛋白质、脂肪、糖、无机盐、维生素、酶和其他物质。

(一) 水分

因为乳是一种液体，因而水是乳的主要组成部分(83—89%)。水中溶解有有机物、矿物质和气体。乳中大部分水分是游离水，但是有一些水(虽然是一小部分)是化学结合水。例如蛋白质结合水。大家知道，水分子(H-O-H)可以通过氢键(-H-)与蛋白质的亲水基结合。化学结合水失去了溶解的特性，但是在通常水结冰的温度下并不冻结。结合水与酪蛋白亲水基的结合可用下面的方程式来说明：



我们在1948年进行了关于酪蛋白亲水特性的研究，并将结果刊登在“胶体化学杂志”上，在那里已经证明了：每克酪蛋白能结合0.69克水。其他学者用另外方法测定酪蛋白结合水的材料：每克酪蛋白能与0.596克水结合。

根据瑞士研究的材料，用离心机分离法，从乳中得到的酪蛋白沉淀物，其中水的含量在0.699—0.72克的范围内变动。酪蛋白沉淀物中含有的水分，可以看作是酪蛋白微粒的表面和内部的结合水或吸附水，而且被酪蛋白吸收的这些水分，放出热能。

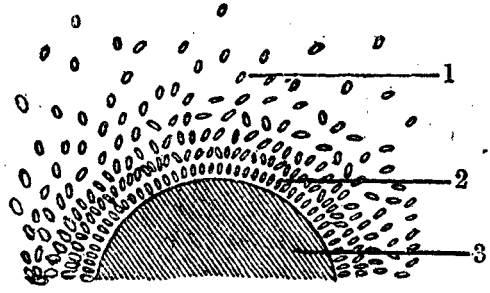
结合水的含量如下：

名 称	结合水含量 (%)	名 称	一克物质中的结合水克数
乳粉	2.0—3.5	酪蛋白	0.60—0.69
脱脂乳粉	2.13—2.59	白蛋白	1.30—1.32
含脂率为20%的稀奶油	2.5—3.42	乳清蛋白质	0.75
酪乳	1.75	乳的脱脂干物质	0.35
初乳	4.62	乳糖	0.027
脱脂炼乳	11.62	脂肪	0.104—0.117
		脂肪膜物质	0.6—0.62
		乳磷脂	5.35—6.30

测定结合水的各种方法：

表 1 膨胀热(Q)和吸附在酪蛋白的水分量(i)

空气的相对湿度 (%)	膨 胀 热 (卡/克)	吸附在酪蛋白上的水分(克)
	酪 蛋 白	
20	9.5	0.0628
32	10.51	0.1123
78	12.87	0.1310
86	14.90	0.1679
100	17.2	0.2990

图 1 乳蛋白胶体颗粒表面结合水的分布
1—疏松的结合水层；2—水单分子层；3—胶体颗粒。

1)根据不溶解的容积数来测定 此方法的原理是：于事先确定一定浓度的糖溶液中加入蛋白质之后，重复测定溶液的浓度，结果发现糖浓度提高，这是由于一部分水与蛋白质结合的緣故。

2)第二种测定结合水的方法 它的原理是：结合水在比零度低得多的温度下才冻结。这是因为带电荷的胶体颗粒表面上的结合水的分子，由于分子的极性，形成向水的单分子层。由于形成这样的单分子层，胶体颗粒上水的均衡蒸汽压减小，因此在单分子层上又吸附着其他部分水(图 1)。

于是，逐渐增加一层新的结合水，这层结合水随着水层的加厚，保持在胶体颗粒上的结合水分子数量逐渐减少，结果围绕颗粒形成一层疏松的结合水层。外水层与胶体表面連結很弱，因此温度高时，容易和胶体分离，但内层结合水很难除去。这种现象在乳干燥的工艺过程中发生，因此，在奶粉生产中，任何时候也不能得到绝对脱水的产品，而经常要保留某些与乳蛋白结合的水。在良好喷雾或滚筒干燥操作下，还保留 3% 左右的水分，要想除去这些多余的水分，只有借助于加热到 150—160°C，或者长时间保持着 102—105°C 的恒温时才能达到目的。我们采用在烘箱中烘干的方法来测定奶粉中水分时就是这样做的。但是，你们应当了解这一点，在分析奶粉时，在这样高的温度和长时间影响下，乳的成分会受到破坏，乳糖焦化，蛋白质变性，脂肪酸化，所以这种奶粉就不能做为食用。

除了结合水之外，还有一种所谓结晶水，不论在生产奶粉，或是生产乳糖，在乳糖结晶时，我们就可以发现含结晶水的乳制品，乳糖与一分子水共同结晶。

用烘箱干燥到恒重的方法来测定水分时，我们就能测定出乳中全部水分，而剩余的仅仅是乳的干物质(乳的干燥残渣)。

常乳中含有 11—17% 的干物质，乳中干物质的成分是极不相同的，这个正如表中所指出的那样，所以我们在下面分别叙述干物质的每个部分。

至于谈到干物质，首先必须简单讲一讲用计算方法测定干物质的方法，即将乳的密度数(乳比重计的度数)代入公式进行计算的方法。

这个简单而易行的方法原理是：乳中脂肪的百分数和干物质数量与密度之间有着一定的关系。这三个数值之间的关系是根据下述原理导出来的：

100 克乳的重量等于脂肪重(X)、脂肪干物质重量($C-X$)与水分重量($100-C$)之和。

$$100 = X + (C - X) + (100 - C)$$

也可求出 100 克乳的容积；如果已知乳的密度($D_{20^{\circ}/4^{\circ}}$)，脂肪(b)，无脂干物质密度(n)和水密度(d)时，那末由上述方程式能得到：

$$\frac{100}{D} = \frac{X}{b} + \frac{C-X}{n} + \frac{100-C}{d}$$

解此方程式：即按下述方程式计算，可求出乳的干物质：

$$C = \frac{(n-b) \times d}{(n-d) \times b} \times X + \frac{n}{n-d} \times \frac{100(D-d)}{D}$$

因为脂肪含量和乳的密度可用分析法测定，同时根据弗列伊什曼 (Флейшман) 的多次实验得出，脂肪比重($X_{15^{\circ}/15^{\circ}}$)平均为 0.93，而无脂干物质的比重($P_{15^{\circ}/15^{\circ}}$)为 1.6007。确定了这些数值之后，乳的干物质(C)含量就可按下列方程式求出：

$$C = 1.2X + 2.665 \frac{100D - 100}{D}$$

式中 C ——乳的干物质；

X ——乳中的脂肪百分数；

D ——乳的比重($D_{15^{\circ}/15^{\circ}}$)。

知道两个数值就可以根据公式求出第三个数。

系数 1.2 和 2.665 是取决于脂肪比重和无脂干物质的比重，也就是当脂肪的比重(X)等于 0.93 和无脂干物质比重(P)为 1.6007 时的系数。

以后证明了这些系数对不同地区的牛乳来说是不同的，因此这个公式须加以修正。例如，扎伊科夫斯基(Занковский)确定：乳脂肪的密度($20^{\circ}/4^{\circ}$)等于 0.9196，而无脂干物质密度为 1.6512，因此测定西伯利亚乳的干物质的公式以下列公式表示：

$$C = 1.215 X + 2.528 \frac{100D - 99.823}{D}$$

斯图普尼斯基(Ступницкий)给乌克兰的四个省拟出两个公式，其中的一个是：

$$C = 1.224 X + 2.67 \frac{100D - 99.823}{D}$$

庫格涅夫(Кугенев)把弗列伊什曼(Флейшман)的公式加以修订，用来测定莫斯科省牛乳。

目前，弗列伊什曼的公式如下：

$$C = 1.2X + 2.665 \frac{100D - 100}{D} + 0.5$$

在公式中加上修正数 0.5，因为在苏联采用的密度 $D_{20^{\circ}/4^{\circ}}$ ，也就是说乳在 20°C 时的容积重与 4°C 时水重的比，而不是比重 $15^{\circ}/15^{\circ}$ 。

因此，综合上述应当注意到：测定牛乳干物质的计算公式每个地区都要有自己的，显然，