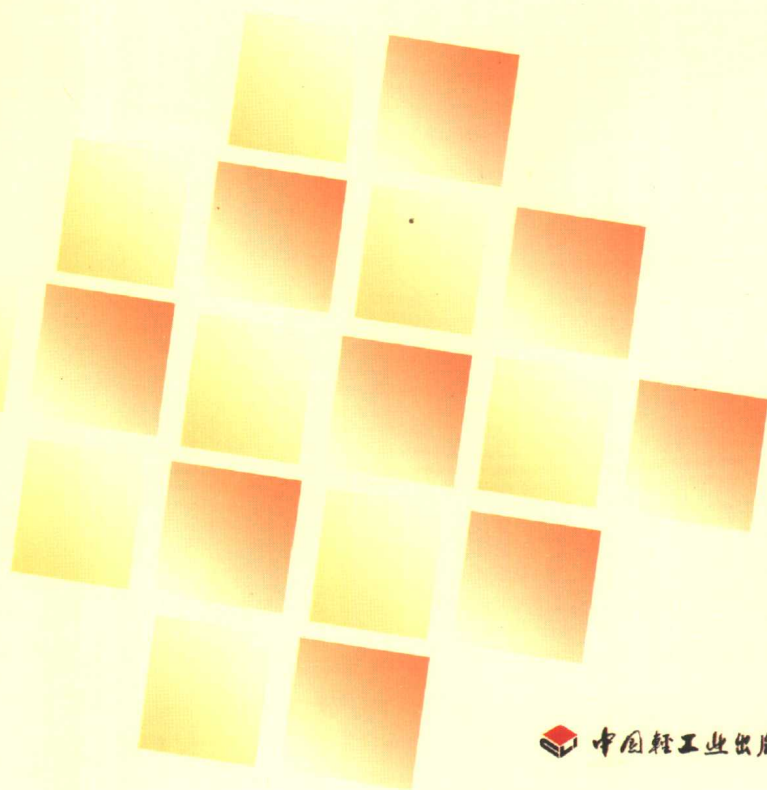


乳品科学技术丛书

XIANDAI RUPIN JIAGONGXUE

现代乳品 加工学

主编 郭本恒



 中国轻工业出版社

●乳品科学技术丛书●

现代乳品加工学

主 编 郭本恒

副主编 刘 文

编 者 梅中非 汪 河
贺月衡 罗彩鸿

图书在版编目(CIP)数据

现代乳品加工学/郭本恒主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2001.6

(乳品科学技术丛书)

ISBN 7-5019-2999-8

I. 现… II. 郭… III. 乳制品-食品加工

IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 12442 号

责任编辑: 鲁莉蓉

策划编辑: 熊慧珊 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云

版式设计: 丁 夕 责任校对: 李 靖 责任监印: 胡 兵

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 三河市艺苑印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001年6月第1版 2001年6月第1次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 17 75

字 数: 442千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2999-8/TS·1817

定 价: 42.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

乳制品是除母乳以外营养最为均衡的全价食品,它含有人体所需的全部营养成分,在人们的膳食结构中有其它食品无法替代的地位和作用。由于多方面的原因,我国乳的人均消费水平仍很低,2000年为人均6.6kg,加工水平和科技水平也相对滞后。有关的资料和书籍多关注乳品加工的工艺技术,未能反映国际乳品发展的最新水平。鉴于此编撰一套能反映国际乳品发展趋势和动态的系列丛书,是十分必需和必要的。

《现代乳品加工学》、《乳品化学》、《乳品微生物学》系列丛书,是一套互为联系又相对独立的著作,有关乳与乳制品的基础理论部分均反映在《乳品化学》和《乳品微生物学》中,《现代乳品加工学》则主要介绍乳品的加工技术。本系列丛书参阅了国外大量的著作和文献,对国际乳品研究的前沿领域和最新研究成果均有提及和介绍,可为科学研究、教学和企业界的朋友从事乳品事业提供借鉴和帮助。

在此,要感谢为本丛书写作付出大量心血和汗水的同事和朋友。限于作者水平和能力,书中一定存在许多缺点和问题,甚或技术性的错误,敬请读者批评指正。

郭本恒

目 录

第一章 乳的热处理技术和液态乳生产	1
第一节 概述	1
第二节 热杀菌理论	2
一、加热处理对微生物的影响	3
二、微生物耐热性与温度的关系	5
第三节 原料乳质量	9
一、原料乳质量分类	9
二、原料乳的质量评估模型	12
三、原料乳质量对热稳定性的影响	16
第四节 消毒和消毒乳	17
一、加工条件	18
二、加工方式及其比较	21
三、滞留时间	24
四、消毒乳的生产	26
第五节 灭菌和 UHT 乳	31
一、瓶装灭菌乳	32
二、UHT 乳加工及 CCP 点	34
第六节 ESL 牛乳(Extended Shelf - Life, 较长保质期牛乳)	52
第七节 最新杀菌技术及其在乳制品中的应用	56
一、高浓度二氧化碳杀菌	56
二、离心杀菌(除菌)	59
三、超声波	61
四、高压杀菌	64
五、微滤处理	69
六、辐照处理	70

七、高压脉冲杀菌技术	72
第二章 乳脂分离技术和奶油生产	74
第一节 概述	74
第二节 分离技术和分离机	76
一、分离原理	76
二、分离机	79
三、影响分离效果的因素	85
四、稀奶油的标准化	86
五、稀奶油的杀菌	87
第三节 稀奶油及其系列产品	88
一、稀奶油产品分类	88
二、稀奶油各品种的生产工艺	90
三、稀奶油的生产控制点	93
四、搅打稀奶油的性质及影响因素	94
五、稀奶油的保存及包装	98
第四节 奶油的加工原理和生产工艺	98
一、稀奶油的制备	99
二、稀奶油的物理成熟	99
三、稀奶油的发酵	104
四、稀奶油的搅拌和洗涤	106
五、奶油的压炼	111
六、奶油的生产控制点	116
第五节 奶油制造机及奶油系列产品	119
一、奶油制造机	119
二、奶油系列产品	124
三、不同品种奶油的生产工艺	128
四、奶油的保存及包装	130
第六节 奶油、稀奶油的常见缺陷和防止方法	131
一、稀奶油产品常见缺陷和产生原因	131
二、奶油的常见缺陷和防止方法	131

第三章 乳的浓缩技术和炼乳生产	134
第一节 概述	134
一、牛乳浓缩的定义	135
二、牛乳浓缩的原理	135
三、牛乳浓缩的目的	135
第二节 乳的浓缩技术	136
一、蒸发	136
二、超滤和反渗透	136
三、冷冻浓缩	142
第三节 炼乳及其它浓缩乳制品	144
一、甜炼乳的生产	145
二、淡炼乳的生产	146
三、炼乳的生产工艺	147
四、工业炼乳的生产	172
五、产品品质控制的 CCP 点	173
六、其它浓缩乳制品生产	177
第四节 影响炼乳品质的相关因素	178
一、炼乳的质量标准	178
二、牛乳浓缩后的变化及其控制	182
三、蒸发过程中的其它变化	182
四、浓缩乳热稳定性	184
五、浓缩乳的稠厚化及胶凝性	186
第五节 炼乳产品的缺陷及防止方法	186
一、变稠	186
二、脂肪上浮	188
三、钙盐沉淀	188
四、钮扣状絮凝	189
五、褐变	189
六、胀罐	190
七、晶体粗大和结构粗糙	190

八、糖沉淀	191
九、蒸煮味	191
第四章 乳的干燥技术和乳粉生产	192
第一节 概述	192
第二节 蒸发技术和蒸发器	194
一、蒸发原理	194
二、自然循环蒸发器	194
三、降膜式蒸发器	195
四、TVR(Thermo Vapour Recompression)蒸发器	198
五、MVR(Mechanical Vapour Recompression)蒸发器	201
第三节 干燥技术	204
一、滚筒干燥	204
二、乳粉的二、三级干燥	206
三、苗条型干燥	209
四、喷雾床干燥	209
第四节 乳粉生产常规工艺	212
一、喷雾干燥法	212
二、乳粉系列产品	218
第五节 乳粉生产特殊工艺	231
一、速溶机理	231
二、依据不同热处理工艺对乳粉进行分类	237
第六节 乳粉的质量标准和质量控制	245
一、乳粉的质量标准	245
二、影响乳粉质量的因素	254
第七节 乳粉产品趋势及开发动态	259
第五章 分离技术和乳蛋白制品	261
第一节 分离技术	261
一、膜技术	261
二、离子交换技术	271
三、体积排阻色谱(包括凝胶渗透和凝胶过滤技术)	273

第二节 干酪素(酪蛋白)	275
一、干酪素生产工艺	276
二、干酪素产品质量及其影响因素	280
三、干酪素在食品中的应用	281
四、干酪素盐的生产	281
第三节 乳清蛋白制品	285
一、乳清粉、脱盐乳清粉和脱乳糖乳清粉	286
二、乳清浓缩蛋白制品(WPC)系列	288
三、乳清分离蛋白(WPI)	296
四、乳清蛋白的性能及其应用	297
第四节 乳蛋白细分产品	302
一、酪蛋白磷肽(Casein Phosphopeptides, CPP)	302
二、乳清蛋白片段	306
第六章 冰淇淋及冷饮制品	320
第一节 概述	320
第二节 冰淇淋的生产	321
一、冰淇淋原、辅料组成成分及配方确定	321
二、冰淇淋生产工艺	336
第三节 冰淇淋口感构成要素及控制	347
一、甜度及甜味剂的选择	347
二、酸度	348
三、脂肪含量	349
四、膨胀率	350
五、温度与口味的关系	351
六、香精的种类及选择	351
第四节 冰淇淋的冰晶形成及玻璃化理论	352
一、影响冰淇淋中冰晶生长的因素	352
二、玻璃化在冰淇淋中的应用	353
第五节 冰淇淋的品质控制和缺陷防止办法	356
一、国际惯例及我国现行标准介绍	356

二、冰淇淋的品质控制	358
第六节 冷饮新品介绍	364
一、软冰淇淋(勺取冰淇淋)	364
二、酸奶冰淇淋	365
三、雪比和莎比	371
四、冷冻酸奶的制造	373
第七章 乳糖结晶技术和乳糖生产	376
第一节 概述	376
第二节 乳糖加工原理	377
一、Steffen 法	377
二、有机溶剂沉淀分离法	379
三、其它方法	379
第三节 乳糖结晶法生产	380
一、原料	380
二、乳清的预处理	382
三、乳清浓缩	383
四、冷却和结晶	386
五、乳糖的干燥	390
六、乳糖的精制	390
第四节 乳糖的产品质量和标准	392
一、影响乳糖质量的因素	392
二、我国乳糖的质量标准	393
第五节 乳糖水解制品的生产	394
一、酶法生产	394
二、酸法生产	403
第六节 乳糖及其制品在食品中的应用	404
一、乳糖在食品工业中的应用	404
二、乳糖水解物功能特性及其应用	405
第八章 酸奶发酵技术和酸奶生产	407
第一节 酸奶发酵技术	407

一、菌种选育技术	407
二、发酵剂的形态	412
第二节 酸奶发酵剂	413
一、发酵剂的生产	413
二、发酵剂的生产系统	415
第三节 酸奶生产	422
一、传统酸奶生产工艺	422
二、连续化酸奶生产	432
第四节 酸奶的功能性	434
一、营养作用	435
二、缓解乳糖不耐症作用	435
三、整肠作用	436
四、改善便秘作用	436
五、降低胆固醇作用	436
六、免疫赋活作用和抗癌作用	436
第五节 酸奶新品和类似产品	437
一、新菌种酸奶	437
二、乳糖酶生产的酸奶	441
三、充气酸奶	442
四、浓缩酸奶	443
五、酸奶甜点	446
六、酸化酸奶	447
七、开菲乳制品	448
第九章 乳发酵技术与干酪生产	450
第一节 概述	450
一、干酪的发展史	450
二、干酪的种类	450
第二节 传统干酪生产工艺	451
一、原、辅料的质量要求	451
二、原料乳处理	465
三、凝乳形成及加工	469

四、压榨成型	477
五、加盐	481
六、成熟	487
七、干酪的贮存和涂层外皮形成	493
八、无外皮干酪	496
九、干酪的清洗和包装	498
十、影响干酪水分含量及酸度的因素	500
第三节 干酪分级和干酪质量评价方法	501
一、干酪质量评价方法	502
二、干酪的分级系统	503
第四节 干酪质量缺陷及防止方法	506
一、外观缺陷及其防止方法	506
二、干酪内部缺陷及其防止方法	508
第五节 非传统干酪的生产方法	510
一、超滤浓缩乳生产干酪	510
二、直接酸化法生产干酪	514
三、以再制乳为原料生产干酪	515
第六节 再制干酪	516
一、再制干酪原、辅料	516
二、加工干酪生产工艺	517
三、再制干酪的系列化产品	518
附录一 蛋白质标准化	523
一、前言	523
二、蛋白质标准化的技术	524
三、潜在工艺	526
四、蛋白质标准化的经济和市场方面	527
附录二 乳制品感官评价体系	529
一、影响测试 AT(Affection Test)	529
二、辨别测试 DT(Discrimination Testing)	530
三、描述分析	530
参考文献	550

第一章 乳的热处理技术和液态乳生产

第一节 概 述

热处理是最常用的延长食品保存期的加工方法。几乎所有的乳制品生产都离不开热处理。最初牛乳热处理的目的是杀死存在于牛乳中的所有致病菌,特别是结核分枝杆菌及其它绝大多数微生物,使牛乳符合国家卫生标准,保证食用安全;如今则主要是通过杀死乳中微生物、钝化酶及一些化学组分的变化来延长保存期。热处理可使乳达到某种理想性质:如在某些产品中,热处理导致风味、颜色以及黏度变化以使产品达到要求的感官质量和组织状态。如热处理过的牛乳用于乳酸菌发酵可凝结得更快;灭菌前加热可以提高牛乳的热稳定性,避免后续高温处理的凝结。加热另一目的是使牛乳处于有利于后续加工工序的温度,如在炼乳生产中便于浓缩,当预热后的牛乳进入浓缩工序前,提高浓缩过程中牛乳的进料温度使其超过浓缩锅内相应的牛乳的沸点,杀菌乳注入浓缩锅内即自行蒸发,从而提高了浓缩设备的生产能力,减少了浓缩设备加热器表面结垢的现象。干酪生产加入凝乳酶或酶法生产干酪素时,为充分发挥酶的最佳活力,牛乳应加热到其最适温度;酸奶生产中为保证乳酸菌生长,亦应将灭菌的料液加热到该菌最适生长温度,且根据不同的菌种选择不同的温度,如常规为 42℃,嗜酸乳杆菌、双歧杆菌为 37℃;在脱脂乳和稀奶油生产中,为达到最佳的分离效果,需将乳加热到 70℃ 左右;消毒乳、冰淇淋、酸奶、干酪等几乎所有乳制品生产中的均质操作,要将料液升温到 60℃,才能达到更好的均质效果。由上可见,加热处理与乳制品加工息息相关,它不仅影响到制品的加工性能,同时也对乳与乳制品的物理化学等性质产生影响,其中一些是可逆的,如乳糖变旋光作用和一些离子平衡,包括酸度、蛋白质异构化(如 β -乳球

蛋白在 50℃ 以上变成单体);一些是不可逆的,通常不可逆的变化发生在 60℃ 以上的热处理中。

热处理按强度通常分为四种,具体情况如下:

① 预杀菌(Thermization): 它可阻止刚刚收进的生乳在冷藏温度下贮藏变质。它可抑制腐败但不能完全杀死微生物,通常采用的处理条件为 65~70℃、15~30s,热处理后快速冷却到 6℃ 以下并维持该温度直到使用。

② 消毒(Pasteurization): 是最为广泛应用的热处理方式,可破坏所有致病菌。最常用的消毒方法为巴氏消毒(62.8~65.6℃、30min)和高温短时杀菌(HTST,71.7~78.1℃、15s),二者常称为低温杀菌(Low Pasteurization),它们可使碱性磷酸酶钝化,绝大多数但并不是全部的营养体微生物被杀死,除了钝化一些酶外,牛乳理化性质变化很小,风味几乎不受影响,乳清蛋白仍处于未变性状态,凝乳酶凝集性质不受影响。高温消毒(High Pasteurization)使乳过氧化物酶钝化,常用 85℃、20s,但有时也用 100℃,几乎所有的营养体微生物被杀死,但细菌芽孢仍存活,除牛乳中蛋白酶和某些细菌脂酶、蛋白酶外,大多数酶被钝化,抑菌系统大部分也被钝化。高温消毒通常用来生产发酵乳,它会使部分乳清蛋白变性而丧失溶解性,产生蒸煮味,但营养价值无明显变化。

③ 灭菌: 杀死包括芽孢在内的所有微生物,加工条件为 110℃、30min,130℃、30s 或 138~142℃、2~4s。采用何种加工条件主要取决于乳中存在的芽孢类型和数量。灭菌特别是间歇式灭菌会造成非常严重的化学变化,如颜色、风味的明显变化,营养价值略有下降,这种处理方式主要适用于长保质期产品。

第二节 热杀菌理论

杀菌的方法很多,如冷冻、加热、化学、电离辐射等,但对牛乳而言,降低细菌数量最有效和最直接的方法是施以热处理。加热促使微生物死亡的原因,是由于高温导致蛋白质的不可逆变化,随后一些

球蛋白变得不溶解,酶失去活力,从而造成新陈代谢能力的丧失,因此细胞内蛋白质凝固变性的难易程度直接关系到微生物的耐热性,而这与杀菌条件的选择又密切相关。影响微生物的耐热性的因素可概括如下:

① 菌种和菌株:菌种不同,耐热的程度也不同,而且即使同一菌种,其耐热性也因菌株而异;正处于生长繁殖的细菌耐热性比它的芽孢弱,同一菌种芽孢的耐热性也会因热处理前菌种菌龄、培育条件、贮存环境以及热处理前细菌芽孢的培育和经历的不同而不同。

② 热处理时介质或食品成分:酸度的影响比较突出,对大多数芽孢杆菌来说,在中性范围内耐热性最强,pH 低于 5 时细菌芽孢就不耐热;食品中的无机盐含量也有重要影响,当食盐含量小于 4% 时,对芽孢耐热性有一定的保护作用,而在 8% 以上时,则削弱其耐热性;食品中的组分如淀粉、蛋白质、脂肪等对芽孢的耐热性有直接或间接的影响。

③ 热处理因素:化学反应常因提高温度而加速,提高温度就会增加蛋白质的凝固,从而降低了微生物的耐热性。

④ 原始活菌数即受污染的程度:原始菌数越多,菌全部死亡时间就越长。

一、加热处理对微生物的影响

营养体微生物和芽孢的破坏通常遵循一级反应动力学模式,故在一定温度下,细菌数 N 随时间 t 的变化符合以下关系:

$$\frac{-dN}{dt} = KN$$

因此,

$$\frac{-dN}{N} = K dt$$

设 N_f 为最终细菌数, N_0 为最初细菌数,将之与上式联合,可得:

$$\ln \frac{N_0}{N_f} = Kt \text{ 或 } 2.303 \lg \frac{N_0}{N_f} = Kt$$

式中 $\lg \frac{N_0}{N_f}$ ——指数递降数

K ——反应速度常数,单位是 1/s 或 1/min

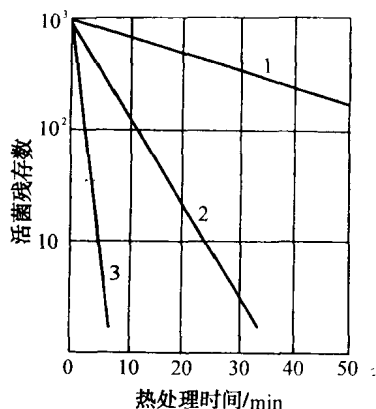


图 1-1 热处理时间与

和活菌残存数的关系

1—80℃下热处理 2—84℃下热处理

3—90℃下热处理

联系上述方程可得 $D_T = \frac{2.303}{K}$

细菌残存数的对数与热处理时间的关系如图 1-1 所示。

在一定温度下减少 1 个对数周期菌数所需要的时间(min)称为指数递降时间 (Decimal reduction time), 以 D_T 表示, 它为直线斜率的倒数, 故 D_T 值的意义就是在一定的环境中和一定的热致死温度 (热处理) 下, 每杀死 90% 原有残存活菌所需的时间, 它是另外一种描述微生物耐热情况的方式。

$$\text{指数递降数 } \lg \frac{N_0}{N_f} = \frac{\text{加热时间}}{D_T} = \frac{t}{D_T}$$

因为 D_T 值是细菌死亡率或直线斜率的倒数, 故它同样反映了细菌死亡速度, D_T 值越大, 细菌死亡速度越慢, 亦即表明该菌的耐热性愈强, 反之则亦然, D_T 值大小和细菌耐热性的强度成正比。

D_T 随热处理温度、菌种、细菌或芽孢悬浮液的性质如 pH、培养基组成、水分活度等的变化而变化, 若这些因素固定不变则 D_T 不变, 它不受原始菌数多少的影响。对于一特定体系的细菌而言, 温度对 D_T 的影响较大, 如乳品采用不同的热处理方法的 D_T 值不同, 巴氏消毒, 主要涉及 60~80℃ 之间的指数递降时间, 而对 UHT 则与 130~150℃ 时的 D_T 有关。

上述情况是指理想状态, 实际的营养体微生物和芽孢的破坏动力学与一级反应有所偏差, 钝化营养体微生物情况较杀死芽孢更易发生偏差, 且不同的研究者对同一样品常获得不同的 D_T 值。巴氏

杀菌时,大多数致病菌的 D_T 为 6~8min;而对低酸食品灭菌,肉毒梭状芽孢杆菌的指数递降数至少为 12min。

二、微生物耐热性与温度的关系

大多数热处理过程并不是在一恒定温度下发生的,因此有必要评价加热和冷却阶段对微生物总致死情况的影响。常用下列三种方法来描述微生物死亡和温度的关系:

(一) Arrhenius 方程

根据 Arrhenius 方程:

$$K = Ae^{-E/RT}$$

$$\ln K = \ln A - E/RT$$

式中 E ——活化能

A ——碰撞频率

R ——气体常数[J/(K·mol)]

$\ln K$ 和 $1/T$ 呈线性关系。

从式中可看出 T 值越高,反应速度常数也越大,反应速度也就越快。

将前已述及的方程作图可得图 1-2。

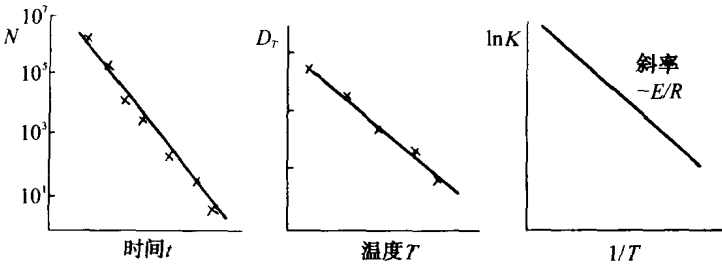


图 1-2 有关微生物失活的动力学数据

(二) Z 值

在一定的温度范围内,指数递降时间 D_T 的对数值与温度呈直线关系,如图 1-3: