

ESL 乳加工技术的研究进展*

卢 阳¹, 孙鑫贵², 董翠霞¹, 陈历俊¹

1(北京三元食品股份有限公司技术中心, 北京, 100085) 2(北京市疾病预防控制中心, 北京, 100013)

摘 要 介绍了 ESL 乳的国内外生产技术, 包括原料乳的质量标准, 产品的加工方法, 灌装, 包装和货架期等, 着重介绍了 ESL 乳生产中的加工方法, 包括膜过滤、离心除菌、充填 CO₂ 等技术, 并且展望了 ESL 乳在中国的发展前景以及可能存在的问题。

关键词 ESL 乳, 原料乳, 加工技术

ESL 乳(Extended Shelf Life Milk), 即延长货架期的巴氏杀菌乳, 可以被定义为基于特定市场需要, 通过新型加工技术和一定的杀菌方式处理, 以减少微生物数量, 在卫生条件下灌装的产品, 在冷藏条件下可以一定程度地延长货架期的液态乳产品。

生产 ESL 乳制品的技术起源于北美, 随着加工技术逐渐成熟, 这项技术逐步在欧洲、美国、日本等地方流行起来。ESL 乳技术之所以受到全世界乳业越来越广泛的关注, 是因为它不但可以满足消费者追求的液态乳营养、新鲜、口感好、卫生、有益健康的需求, 保证了产品的品质, 而且延长了货架期^[1~4]。

在 ESL 乳加工中的技术关键就是在保证产品品质安全性的前提下, 陶瓷膜微滤技术与低温杀菌进行有效的结合, 更好地延长产品的货架期, 保证了产品的新鲜、营养与健康。

1 ESL 乳的特点

牛乳可以有不同的加工方式, 因而产品有不同的

表 1 不同工艺生产的液态乳产品的货架期比较

产品类型	杀菌/灭菌方式	温度和时间组合	货架期
巴氏杀菌乳	低温	72℃, 15s	5~10d/4~5℃
	高温	85℃, 15s	
ESL 乳	超巴氏杀菌	135℃, 0.2s	8~45d/<10℃
UHT 乳(无菌灌装)	直接加热和间接加热	143℃, 3s	6个月/25℃
保持法灭菌乳	保持灭菌	120℃, 20s	6个月/25℃

ESL 乳有巴氏杀菌乳的新鲜口感, 但与之又有所不同。在加工中, 灭菌后 ESL 乳比巴氏杀菌乳有更低的菌落数; 在包装过程中, 巴氏杀菌乳受二次污染的几率大于 ESL 乳; 在存储和分销的过程中, ESL 乳低于巴氏乳的菌落数, 所以保质期长于巴氏乳。

微生物状况和保藏条件, 牛乳的处理和销售条件在世界不同的地区也不同。在美国消费的乳制品种类有: 巴氏杀菌、超巴氏杀菌和无菌产品。欧洲的液态乳市场通常可以分为冷链的新鲜/巴氏乳和常温销售的 UHT 杀菌乳。而在其他许多国家, 这种情形是动态和变化的, 主要是 UHT 乳为代表的发展, 在未来, ESL 乳在这些动态中将起到重要的作用。

巴氏杀菌乳产品存在保质期短, 易腐败, 风味差, 有不洁的味道(微生物代谢和胞外酶作用的结果), 销售半径小, 生产班次多等问题。超高温产品虽然保质期长, 饮用方便, 但营养损失大, 蛋白质变性多, 维生素破坏严重, 难以摆脱褐变和蒸煮味的困扰。ESL 乳克服了 UHT 乳味道和质地的缺陷, 包括氧化不新鲜的味, 乳油和脂肪分离, 形成凝胶或沉淀等, 产品的货架期一般在巴氏杀菌乳与 UHT 乳之间。不同加工工艺对液态乳产品的货架期的影响见表 1。

目前, ESL 乳在美国、加拿大、欧洲、亚洲都有较大的发展, 主要的原因有: (1) 乳品厂的合并, 从而增加了分配的区域; (2) 价值的增长加大了乳品厂的分化; (3) 零售商的要求和新的零售渠道; (4) 卫生标准的提高等。ESL 乳因为对从原料到分销的整个过程中的加工工艺、技术装备及卫生和质量控制, 保证了产品的品质和延长了货架期, 具有以下经济优势: (1) 提高了市场分布的区域; (2) 更高的利润, 拥有高质量的产品烙印; (3) 更有效的产品配送; (4) 高品质, 减少

第一作者: 硕士研究生。

* 国家“十五”重大科技专项乳制品加工技术研究与新产品开发(课题号: 2001BA501A12)

收稿日期: 2007-08-23

食品安全风险。

ESL 乳产品需要一个系统的加工方案。其中,加工和包装的方法有不同的方案,要保证整个系统在性能、价格和操作成本均达到平衡,需要考虑以下几个方面:(1)设定货架期的目标;(2)分析原料乳的质量;(3)微生物,特别是嗜冷菌的孢子;(4)评价产品的标准(颜色、风味、状态等);(4)销售的条件,包括冷链的质量、销售的方法和渠道等。基于这些分析,ESL 乳加工应选择高品质的原料乳,适宜的加工方法,灌注设备和包装材料,控制好销售中的冷链温度。

2 ESL 乳加工系统

2.1 原料乳的质量

原料乳的质量对 ESL 乳的质量有重要影响,除了脂肪和蛋白质等理化指标,还包括细菌总数、体细胞数、抗生素残留等。为了保证 ESL 乳的稳定性和较长的货架期,控制原料乳的质量是其中一个重要环节,影响比较大的是微生物和体细胞。

2.1.1 微生物

原料乳中细菌总数是影响 ESL 乳货架期的重要因素,欧盟规定原料乳的细菌总数 $\leq 10^5$ cfu/mL,德国规定 $\leq 5 \times 10^4$ cfu/mL。当原料乳中的微生物达到一定数量,特别是超过 10^5 cfu/mL 时,一些微生物未能被完全杀灭,导致在贮存期间品质出现问题。据有关研究报道,ESL 乳产品的原料乳的细菌总数应控制在 5×10^4 cfu/mL 以下,才能有效地延长货架期。

原料乳中的芽孢数对 ESL 乳的货架期也有重要影响,特别是一些芽孢杆菌如巨大芽孢杆菌、嗜热脂肪芽孢杆菌等在杀菌过程中不能完全被杀灭,在长时间的贮存过程中容易被激活,最终导致产品变质^[5]。

2.1.2 体细胞数

牛乳中的体细胞数是乳牛乳房健康状况的一个重要标志。近年来,很多欧美国家将体细胞数作为原料乳的收购标准之一。体细胞数高的牛乳与体细胞数低的牛乳相比,其脂肪容易分解,酸度增大,易出现脂肪酸败味,口感较差,表明体细胞数对 ESL 乳的口感和货架期影响较大。在 ESL 乳的生产中,应选择体细胞数低的牛乳作为原料乳,以保证产品的品质。

2.1.3 抗生素残留

对于 ESL 乳的生产,对原料乳的验收要求尤为严格。因此存在抗生素的原料乳不能作为生产用的原料乳。目前三元食品股份有限公司上市的 ESL 乳采用的原料乳是经过精心选取的国营大型牛场的牛

乳,而且要求原料乳到厂温度比普通原料乳低 $2 \sim 3^\circ\text{C}$,无抗生素残留,对于体细胞数和细菌总数的要求都比原料乳收购标准低得多。

2.2 加工方法

目前,为了保证 ESL 乳的稳定性和理想的货架期,除了要求合理的热处理条件外,还应用了一些乳制品工业中的新技术、新工艺。

2.2.1 超巴氏杀菌

超巴氏杀菌是指杀菌温度要高于传统的巴氏杀菌法,但低于 UHT 乳,是目前 ESL 乳生产的一种主要加工方式。超巴氏杀菌的目的是使产品在冷藏条件下能够达到较长时间,而产品的感官质量优于 UHT 乳。ESL 乳不要求在无菌条件下包装,所以产品可能不是完全的无菌状态。因此 ESL 乳产品一般在保存、运输和销售过程要处于低温环境中。

2.2.2 Pure-Lac™ 系统

为了使 ESL 乳中的细菌总数和孢子数减少到可接受的程度,也为了获得和正常巴氏杀菌相似的口感特征,可采用蒸汽直接加热杀菌的方式。牛乳融入蒸汽后从加压仓的顶部喷入,在下降过程中蒸汽冷凝,产品达到底部时的温度和需要的温度相平衡。

APV 和 Elopak 公司共同研究开发,在蒸汽直接加热系统上增加了 PT™ 控制单元,命名为 Pure-Lac™ 系统。控制杀菌温度在 $125 \sim 145^\circ\text{C}$,热处理时间少于 1s,即瞬时加热小于 0.2s,闪蒸冷却时间小于 0.3s。此系统主要侧重于减少存活于巴氏杀菌的需氧嗜冷菌的孢子数,配合洁净灌装技术,产品在高于 10°C 贮存销售,货架期可达到 2~3 周,同时具有新鲜口感^[6]。

2.2.3 离心除菌

离心除菌去除的主要是牛乳中的好氧菌,尤其是巴氏杀菌后仍存在的耐热性微生物。原料乳质量对离心除菌效果有影响,原料乳中细菌数量越少,离心除菌效果越好。离心力、离心时间对离心除菌效果有影响,但是随着离心力和离心时间增大到一定值时,效果也不明显。离心除菌原料乳经过杀菌处理,可以明显提高产品的保质期^[7]。

采用离心除菌设备对原料奶进行处理,虽然能起到延长货架期的作用,但由于乳中杂质较多,分离机的内壁很容易被污物堵塞,导致作用半径渐渐缩小,分离能力降低,所以离心除菌技术存在除菌率低,操作强度大等缺点,而制约了其在该领域的推广使用。

2.2.4 膜技术

膜技术是指在相对低压(大约 100kPa)条件下通过孔径为 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ 的滤膜,主要是依据“筛分”理论,根据在一定的膜孔径范围内渗透的物质分子直径不同则渗透率不同,利用压力差为推动力,使小分子物质可以通过,而大分子物质则被截留。膜技术可有效去除乳中的细菌、酵母和霉菌等。除菌效果的关键是滤膜孔径的大小、连续过滤时间和膜的清洁程度。膜微滤提供了一种低温生产 ESL 乳的方法。

陶瓷膜由于可以采用蒸汽对整个设备进行消毒,从而保证了产品的质量,在国外常用于牛乳的除菌等。据有关研究报道,陶瓷膜微滤除菌的效果明显,杂菌截留率为 99.94%,芽孢截留率为 99.86%,体细胞去除率达到 99.9% 以上。

膜除菌加工工艺包括对乳脂肪进行分离,脱脂乳微过滤除菌,乳脂肪的高温瞬时灭菌和混合乳的低温巴氏杀菌等,见图 1。这种膜技术与低温巴氏杀菌相结合的灭菌系统保证了灭菌效果,同时保持了乳中原有的理化平衡,避免了蛋白质的热变性,保留了免疫球蛋白和乳铁蛋白的活性,同时还减少了维生素等的损失,提高了产品的营养价值,赋予产品更好的口感,并且延长了产品的货架期^[8~11]。

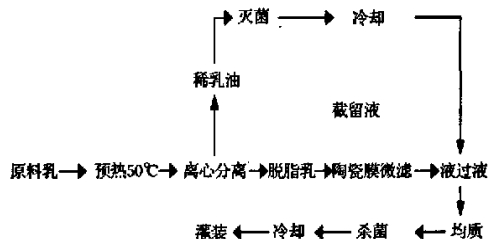


图 2 ESL 乳生产工艺流程图

膜除菌效果一般优于离心除菌和巴氏杀菌,虽然平均细菌总数仍高于超高温乳的,但微滤膜与其它技术相结合的复合灭菌系统保证了灭菌效果。膜技术和巴氏杀菌结合系统有大于 10^3 对数的微生物减少,而离心除菌与巴氏杀菌系统结合有大于 10^1 对数的微生物减少。这种结合系统,避免了蛋白质的热变性,有效地提高了产品的货架期,几乎保持了原有风味。若在不理想的冷链($>7^\circ\text{C}$)下货架期 3~6 周,只能靠高温巴氏杀菌,不能由微滤或者离心除菌达到。

2.2.5 填充 CO_2 技术

CO_2 可有效抑制许多引起食物腐败的微生物的生长,尤其是革兰氏阴性嗜冷菌。而对乳的生化质量(酪蛋白、乳清蛋白、碳水化合物、维生素和有机酸)不会产生不良影响,也不会改变乳的风味、外观特征和

乳香味。嗜冷菌产生的一些胞外酶能引起乳中蛋白水解和脂肪水解,而乳中溶解的 CO_2 能够延缓蛋白水解和脂肪水解,同时能延长细菌的生长周期,在一定程度上抑制了乳中嗜冷菌的生长^[2,3]。

2.2.6 其他新型杀菌技术的应用

随着乳品行业和杀菌技术的发展,其他新型的杀菌技术也开始应用于 ESL 乳的生产中,比如超高压技术、微波技术、超声波技术等。超高压技术是将食品密封于弹性容器或置于无菌压力系统中(常以水或其他流体介质作为传递压力的媒介物),在高静压(一般 100MPa 以上)下处理一段时间,以达到加工保藏的目的。微波指波长在 $0.001\sim 1\text{m}$ (频率 $300\sim 300\,000\text{MHz}$) 的电磁波,能以光速向前行进,遇到物体阻挡,能引起反射、穿透、吸收等现象,用于杀菌的微波频率为 $2\,450\text{MHz}$ 。超声波是频率大于 10kHz 的声波,同普通声波一样属于纵波,它与传声媒质相互作用蕴藏着巨大的能量,当遇到物料时就对其产生快速交替的压缩和膨胀作用,这种能量在极短的时间内足以起到杀灭和破坏微生物的作用。这几种杀菌技术都能很好的保证产品的品质,保持原料乳的色、香、味等^[12]。

2.3 灌装和包装方式

杀菌后 ESL 乳的污染是由于产品接触了污染的加工设备、包装机和操作人员等而造成的微生物再次进入产品。即使低的初始的细菌总数也可导致冷藏乳的腐败。设计 ESL 乳加工的一个重要方面就是防止二次污染,包括包装机和环境的控制。

灌装设备是二次污染主要的因素。防止灌装设备的污染,要对容器进行消毒,形成一个无菌的空间和其他方面的卫生设计。一个有效的方法就是在灌装机/包装机商安装封闭仓里,并安装 HEPA 过滤器,以除掉微生物和部分颗粒,达到无菌级别。在产品填充/包装段,可以通过鉴定和消除污染源来延长 ESL 乳的货架期。表 2 是几种灌装方式对 ESL 乳货架期的影响,灌注后包装要保证完整性和稳定性。

表 2 灌装方式对 ESL 乳货架期的影响

灌装方式	描述	货架期(10°C) /d
普通	不是无菌空气和环境	10
洁净	灌装头上方无菌过滤空气	14
超洁净	无菌过滤空气、包装物杀菌	21
无菌	无菌过滤空气、无菌包装物、无菌包装环境	45

通过提高加工到灌装的卫生条件,可以提高产品

的卫生状况。然而,耐热的微生物仍然存在巴氏杀菌的产品中,特别是当配送的温度提高时。当温度提高2℃,巴氏杀菌乳的货架期可以缩短50%。

2.4 包装材料

为减少包装材料的污染,包装材料在灌装之前要经过杀菌和消毒处理,通常与无菌包装材料的处理相似。可以用过氧化氢作为包装材料的消毒剂,因为其消毒快速、有效。双氧水也可和其他如加热、紫外线等方法合用。

除了包装材料的微生物特性外,包装材料应有很好的抗氧渗透性和抗光性。因为氧化反应能导致乳中脂肪和维生素氧化,产生不良风味和降低营养;同样,光也能加速乳制品的氧化腐败,太阳光、紫外线、灯光对牛乳的货架期都有很大的影响。因此,ESL乳产品用低透光材料包装是必要的^[2,3]。

2.5 冷链系统

冷链系统对ESL乳的贮存和销售极其重要。在冷链系统健全的地区,由于销售渠道和冷库贮藏温度可以较好控制在较低温度,因此这些地区的巴氏杀菌乳的货架期较长,ESL乳已成为主流产品。而在冷链条件不发达的地区,ESL乳必须在特殊原料乳要求、特殊的除菌方式和较低温度的条件下才能生产。

3 ESL乳存在的问题和发展趋势

ESL乳通过设计整体的控制系统,包括纠正动作的反馈路线,达到了口感新鲜,保证了产品的品质和延长了货架期,满足了消费者对营养、新鲜等的需求,在许多国家已有较高的市场份额和很高的认可度。但若要有广泛和快速的发展,还存在一些问题需要解决:

(1)没有法定的定义和相关的标准;(2)产品的定位和定价;(3)货架期的测定方法;(4)感官的品质评价;(5)不同的加工方式成本差异也较大,成本与利润的关系等。

此外,ESL乳要求高质量的原料乳,产品需要完善的低温冷链系统等方面,并不是任何地方都能提供的。因此,在短时期内ESL乳技术的广泛应用还会存在一定的制约。

但是,ESL乳技术的不断发展,包括加工技术和包装的进步,采用更为柔和的加热处理和更为有效的杀菌方法,如新型杀菌技术的应用等;采用更好的设计设备和控制系统。随着ESL乳加工系统的发展,乳产品的品质将会更好,货架期将会更长。ESL乳将会在中国有越来越广的认可度和广阔的市场前景。

参考文献

- Gunnar Rysstad, Jens Kolstad. Extended shelf life milk—advances in technology[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2006, 59(2): 85~96
- 王荫榆,李存瑞,郭本恒. ESL奶的生产关键和新技术的应用[J]. *乳业科学与技术*, 2003, 105(4): 164~168
- 李启明,顾瑞霞. ESL乳的研究开发进展[J]. *乳业科学与技术*, 2005, 114(5): 193~197
- 刘术明,马春丽. 膜技术在乳品工业中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2002, 30(3): 21~24
- 李启明,印佰星,顾瑞霞. 原料乳微生物特性对ESL牛乳货架期影响的研究[J]. *中国乳品工业*, 2005, 133(10): 17~19
- Kjaerulff G. Infusion heating and application of the Pure-Lac(tm) concept[C]. In *Proceedings of the Conference on Extended Shelf Life Milk 2000*, International Dairy Federation, Brussels, 2000
- 生庆海,王玉良,翟红梅. 高速离心除菌技术在ESL牛乳生产中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2004, 32(10): 3~4
- Sourirajan 编,殷琦等译. 反渗透与合成膜(第1版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1987. 21~24
- Bhave R R. Inorganic membrane: Synthesis, characteristics, and application[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 573~615
- 丁玉振,吕加平,于景华,等. ESL奶加工技术研究[J]. *中国乳品工业*, 2005, 33(7): 5~8
- 朱长乐,刘末娥. 膜科学技术[M]. 杭州:浙江大学出版社, 1982. 91~92
- 刘亚珍,屠康,王运. 超声波技术在ESL奶中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2006, 134(4): 39~41

Advances in Research on ESL Milk Processing Technology

Lu Yang¹, Sun Xingui², Dong Cuixia¹, Chen Lijun¹

1(Beijing San Yuan Foods Co., Ltd., Beijing 100085, China)

2(Beijing Centers for Disease Control and Prevention, Beijing 100013, China)

ABSTRACT This paper is an introduction to the manufacturing technology about ESL milk, namely the raw milk quality standard, the processing method, the filling technology, the packaging technology, the product shelf life and so forth. The primary focus is the process method of ESL milk with membrane filtration, centrifuging bacterium and adding CO₂. This paper also prospected the development foreground of ESL milk and the likely co-existed problems.

Key words extended shelf life milk (ESL milk), raw milk, processing technology