



## 从微生物学的角度看乳业的卫生与清洗 ~乳制品工厂中清洗步骤的制定与ATP荧光检测的活用事例~

よつ葉乳業(株) 中央研究所首席研究员 元島英雅

注：下文将よつ葉乳業(株)译为四叶乳业株式会社

9月8日本国龟甲万百欧凯米发株式会社于北海道经济中心举行了第107期Lumitester研讨会。在会议上，四叶乳业株式会社中央研究所首席研究员元島英雅进行特别演讲。本文为其演讲的概况内容。(Lumitester是龟甲万百欧凯米发株式会社销售的ATP荧光检测仪的名称)。

元島先生从北海道大学农学部毕业后，就进入北海道農協乳業(株)(现在的四叶乳业株式会社)工作，2002年就任公司调查中心的所长(1988年，调查中心改称为中央研究所)。后来又担任过生产统计部技术开发部部长，技术设施组组长，最后成为了中央研究所首席研究员。

四叶乳业株式会社在HACCP体系的指导下获得了综合卫生管理制造过程认证(分别为1998年牛奶部获得、1999年加工牛奶·乳饮·奶油·脱脂牛奶部获得以及2006年脱脂奶粉部获得)，而在2013年，十勝总工厂、根釧工厂、鄂霍次克北见工厂、宗谷工厂、东京工厂也获得了FSSC22000认证。

### 四叶乳业株式会社的企业概况

1967年，北海道十勝管辖区域内的八个农业协会共同出资，成立了北海道協同乳業(株)(1972年，公司更名为北海道農乳業(株)，1986年公司又更名为四叶乳业株式会社)。总工厂位于公司的发源地十勝音更町，主要负责生产奶粉、黄油、奶酪和生奶油等产品(照片1)。除此之外，公司还在北海道地区内经营着根釧工厂、鄂霍次克北见工厂、宗谷工厂，以及北海道之外的东京工厂(千叶县)。



照片1 四叶乳业株式会社的十勝总工厂

2015年，公司的生乳加工量为76万5000吨，大约占全日本生乳产量的10%。公司除了生产如照片2所示的面向一般消费者的牛奶和乳制品之外，还有大约70%是厂家直销用的产品(脱脂奶粉、黄油、奶油、浓缩牛奶、奶酪等)。

### 前言~世界上充满了微生物~

本演讲将讲述乳业中的微生物管控，但在此之前我希望大家能拥有一种共识，“地球上几乎所有的空间都充满了微生物”。这是在Alanna Collen所著的《あなたの体は9割が細菌：微生物の生態系が崩れはじめた》<sup>1</sup>(矢野真千子译，河出書房新社)，以及Paul·G·Falkowski所著的《微生物が地球をつくった：生命40億年史の主人公》<sup>2</sup>(松浦俊輔译，青土社)等著作中都提到过的观点。例如，在土壤中仅仅是可培养的微生物就有 $10^{11}/g$ ，粪便中有 $10^{11-12}/g$ 的微生物，再加上难以培养的微生物，微生物的数量十分庞大。除了罐头和LL食品(LL=long life)，加工食品中也残留着大量微生物。因此，食品企业通过调整各种保存条件(例如温度、水活性、pH值等)，运用科学依据设定食品的保质期来确保产品的品质和安全性。

<sup>1</sup>原英文版《10% HUMAN: How Your Body's Microbes Hold the Key to Health and Happiness》，中文译版《人类10%：如何让你体内的细菌打开你健康快乐之门》

<sup>2</sup>原英文版《Life's engines how microbes made earth habitable》，中文译版《生命的引擎：微生物如何创造宜居的地球》



照片2 面向普通消费者的部分产品

另一方面,不是所有的食品制造设备都是无菌设备,只要有微生物的存在,就有伺机繁殖的可能。因此,如果机器或设备清洗不充分,就会对产品微生物质量带来极大的影响,甚至会产生让企业陷入存亡危机的风险。

本演讲以《从微生物学的角度看乳业的卫生与清洗》为题,除了提供清洗理论的相关信息,还会介绍本公司如何利用ATP荧光检测(下面简称ATP检测)检查清洗效果。

## 在低温条件下微生物也可能繁殖

### (1) 生乳的成分规格

《乳等省令》(牛奶及乳制品的成分规格等相关的省令,1951年制定)规定,生乳(刚挤出没有经过加工处理的牛奶)的细菌数必须低于400万/mL( $4 \times 10^6$  mL)。将如此高的细菌数设成上限值侧面反映出当时的冷藏技术不发达,而现在的工厂是不会接受细菌数如此高的生牛乳的。

然而,生牛乳即使存放在4°C下,细菌数也会逐渐增加。表1列举了牛奶和乳制品中重要细菌的生成时间(细菌数增加至两倍所需时间),例如,假单胞菌属想要增加至两倍,在4°C下需要6个小时,在10°C下只需3.2个小时。我们必须认识到“即使温度低于10°C但仍有很多细菌可以快速繁殖”。因此,乳业中严格规定“购入生乳后必须进行(杀菌)处理”。

### (2) 栅栏技术的概念

但是,微生物繁殖需要一些“必要的条件”,如果不具备这些条件,微生物就不能繁殖。“必要条件”大致能分为物理因素(例如温度、渗透压、光线、静水压等),化学因素(例如水分、水活性、pH值、营养、化学物质、氧等)和生物因素(例如拮抗作用、共生作用、初期菌数等)。例如,奶粉就是通过降低水活性,使其能在室温中存放一年半左右(奶粉的水活性不足0.2)。

在还没有发明冰箱的时候,人们会采取各种方法来防止食品腐烂。例如,利用(或配合使用)“杀菌”、“存放在阴凉的地方”、“发酵”、“干燥”、“加入盐或砂糖”、“加酸”、“熬制”、“抽真空”等各种方法,无需使用冰箱也能实现食物的长时间保存。这种概念被称为“栅栏技术”(Hurdle technology),我们至今仍使用这种技术作为食品保存的基本技术(配合了多种技术的思路叫做“复合栅栏技术”)。

以乳制品为例,蒙古就有“酸奶”、“马奶酒”等发酵乳制品(人们会在室内频繁搅拌马奶酒并使其发酵)。发酵后的酸奶或马奶酒会做成奶酪,然后将奶酪风干制成传统食品,这样的传统食品正是栅栏技术的产物(照片3)。

牛奶和乳制品中重要菌群的生成时间

	生成时间 (h)		
	5°C	15°C	30°C
乳酸菌	>20	2.1	0.5
假单胞菌	4	1.9	0.7
大肠菌群	8	1.7	0.45
耐热链球菌	>20	3.5	0.5
好氧芽孢细菌	18	1.9	0.45

牛奶和乳制品中重要菌群在低温下的生成时间  
出处: Walstra, Dairy Technology (1999)

菌种	生成时间 (h)			
	4°C	6°C	8°C	10°C
<i>Pseudomonas sp.</i>	6.0	4.7	3.8	3.2
<i>Pseudomonas sp.</i>	8.0	5.6	4	3.2
<i>Enterobacter cloacae</i>	8.0	5.5	3.7	2.6
<i>Achromobacter sp.</i>	10.0	7.5	5.3	4.3
<i>Enterobacter hafniae</i>	12.0	8.0	5.3	4.0
<i>Klebsiella aerogenes</i>	>30.0	>30.0	11.0	6.0
<i>Lactococcus cremoris</i>	-	-	8.5	5.6
<i>Lactococcus lactis</i>	>30.0	>30.0	11.0	6.0
<i>Bacillus cereus</i>	>30.0	>30.0	6.5	4.0
<i>Alcaligenes tolerans</i>	>30.0	>30.0	13.0	8.0

表1 与牛奶、乳制品相关的重要微生物的生成时间  
出处: IDF Bulletin 281/1993



照片3 没有冰箱的地域乳制品制成例(照片提供:四叶乳业株式会社)

理论上即使存在微生物,只要把栅栏加高,就可延迟微生物的繁殖。生乳的话,将温度降低是关键所在。想要解决生产设备中微生物繁殖的问题,可以参考栅栏技术的概念。

\*LotharLeistner, Review Basic aspects of food preservation by hurdle technology, International J. Food Microbiology, 55, 181-186(2000)

## 微生物污染的途径与生乳的杀菌技术

### (1) 从农场到乳制品工厂的流程

近代乳业中,生乳从农场到工厂都会严格进行低温管理(冷藏保存)。在农场挤出来的生乳会在各个农场的大型冷却器中冷却,然后储存(要求存放在4°C以下)。储存好的原乳每天(或隔天)会由生乳运输车送到工厂。一般来说,工厂只会接收5°C以下的生乳。

通过不断加强低温管理,牛奶的微生物学的品质与以往相比有了大幅度的改善。据统计,大约99%北海道出产的生乳的活菌数都在1万个/mL以下。参照世界的等级标准(见表2),这种含有低细菌数的生乳相当于“特级”生乳的品质。

## (2) 生乳的微生物污染的途径和风险

生乳的各相关环节(途径)都有混入微生物的风险(见图1)。因此,饮用生乳可能会感染人畜共通传染病,几乎所有国家都禁止售卖生乳。尤其是幼儿或孕妇,饮用生乳后感染李氏杆菌病的风险较高。另外,食用日本国外未经杀菌的奶酪,染病的风险也很高(表3、表4列举了其中一例)。20世纪50年代,因美国没有规定生乳必须进行杀菌,所以发生过多起由牛奶和乳制品引起的食物中毒事件,但在禁止售卖生乳后,食物中毒事件的发生明显减少了。由于日本没有食用生乳或未经杀菌的奶酪的习惯,所以由生乳引发的食物中毒事件也比较少见。

## (3) 生乳的杀菌

### ① 杀菌的定义

由于发生过上述事故,生乳在制成乳制品之前必须进行“杀菌处理”。特别是在近代乳业中,从多头奶牛身上挤出来的生乳会集中在大型工厂,为了防止潜在危险,工厂会把杀菌定为一项“必要工序”。

顺便一提,在乳业中“杀菌”一词(巴斯德氏杀菌法(pasteurization):日语翻译成杀菌或低温杀菌)在国际上被定义为“为了将有害微生物的数量减少至不造成明显健康危害的程度,牛奶和奶油必须加热处理”。牛奶的杀菌条件最初是为了预防因饮用生乳后引起人畜共患病感染(特别是结核病)而引进的,但国际上普遍要求“耐热性稍微比结核分枝杆菌高的Q热立克次体,至少要进行10<sup>5</sup>分之1程度的杀菌”。

## ② 主要的杀菌法

《乳等省令》在2002年将生乳的杀菌要求修订为“至今为止的牛奶生产方法标准是在62~65°C之间加热杀菌30分钟,或者利用与此效果相同或更好的杀菌方法进行加热杀菌,而现在,由于Q热病原体耐热性的新发现,牛奶生产方法的标准应利用保持式杀菌法,在63°C下保持加热30分钟,或者利用与此效果相同或更好的杀菌方法进行加热杀菌”。根据这个规定,现在,牛奶的主要杀菌法包括以下三种:①LTLT杀菌法(采取Low Temperature Long

	特级	I	II	III
澳大利亚		<5	<15	>15
比利时	<5	<10	<30	>30
德国	<10	<30	<80	>80
丹麦	<3	<7.5	<30	>30
英国	<2	<10	>10	
挪威	<3	<10	<50	>50
荷兰		<10	<25	>25
新西兰	<5	<10	<20	>20
瑞典		<10	<50	>50
美国		<10	<30	

日本:《乳等省令》的标准(生乳)400万个/mL以下(特殊牛奶)3万个/mL以下

表2 各国的等级标准(单位:万个/mL)

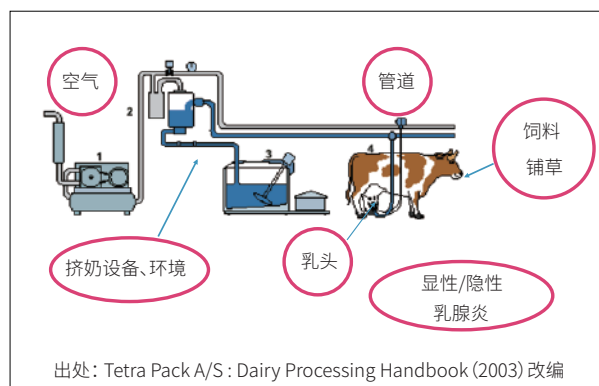


图1 挤牛奶阶段微生物混入的途径

国家	年份	患者数	产品	毒素类型	杀菌	
苏格兰	1985	2	山羊奶酪	未特定	未杀菌	Sharp (1996)
美国	1985	8660	巧克力牛奶	未特定	杀菌	Evenson et al. (1988)
美国	1987	3	山羊奶酪	SEA、SED	生乳	Gross et al. (1988)
以色列	1988	155	奶酪	未特定	未杀菌	Maguire et al. (1991)
英国	1994	7	奶酪	SHE	非特定	Pereira et al. (1996)
巴西	1997	140	奶酪	未特定	生乳	Kerouanton et al. (2007)
法国	1998	62	奶酪	未特定	生乳	Kerouanton et al. (2007)
法国	1998	37	半硬质奶酪	未检出	生乳	Kerouanton et al. (2007)
日本	2000	13,420	奶粉	SEA、SHE	非特定	Asao et al. (2003)
法国	2001	4	软奶酪	SEA	非特定	Kerouanton et al. (2007)
法国	2001	46	半硬质奶酪	SED	生乳	Kerouanton et al. (2007)
法国	2002	104	羊奶奶酪	SEA	生乳	Kerouanton et al. (2007)
法国	2009	23	奶酪	SEE	未杀菌	Ostyn et al. (2010)

表3 金黄色葡萄球菌引起的牛奶、乳制品的食物中毒事故实例 出处: Cretenet, Dairy Sci. & Technol. (2011)

国家	发生年份	患者数	产品
德国 (萨勒)	1949 ~ 57	~ 100	生乳、酸奶油、干酪
美国 (马萨诸塞)	1983	49	杀菌牛奶
美国 (加州)	1985	~ 300	墨西哥风味奶酪
瑞士 (沃州)	1983 ~ 87	122	软干酪 (传统奶酪制品)
美国 (伊利诺伊州, 密歇根州, 威斯康辛州)	1994	66	巧克力牛奶
法国	1995	33	布里奶酪
法国	1997	14	Bon Levec奶酪
芬兰	1998 ~ 99	25	黄油
美国 (北加州)	2000	13	墨西哥风味奶酪
加拿大 (魁北克)	2002	17	生乳奶酪
加拿大 (魁北克)	2008	22	生乳软奶酪

表 4 李氏杆菌引起的牛奶、乳制品的食物中毒事故实例  
出处: Encyclopedia of Dairy Science 2<sup>nd</sup> ed. (2011)

Time杀菌法/保持式杀菌时,牛奶在63°C下保持30分钟低温长时间杀菌,采取连续式杀菌时,要在65°C以上保持超过30分钟的杀菌),②HTST杀菌法(High Temperature Short Time杀菌法/把牛奶加热到72°C以上保持超过15秒的高温短时间杀菌),③UHT杀菌法(Ultra High Temperature杀菌法/把牛奶快速加热到120~150°C,保持1秒以上3秒以内的超高温杀菌)(注:上述方法与日本国外的定义稍有不同。国外文献中的“UHT牛奶”相当于日本的LL牛奶(能常温保存的产品))。除此之外,还有一种方法就是把牛奶加热到75°C以上保持15分钟以上的杀菌。

重要的是,通常乳制品的杀菌并不能完全灭绝微生物。如图2所示,例如采用HTST杀菌法虽然能将大部分有害微生物减少至安全水平,但仍然会有高耐热性的芽孢菌或非芽孢形成菌存活的可能。所以,“杀菌工序后的低温管理”也是一项重要的管理项目。

### 预防清洗和杀菌后的微生物污染十分重要

#### (1) 预防乳制品的微生物污染的10项要求

近代的乳制品工厂每天都会出售大量的产品,工厂中只要出现了一个小问题(例如产品中含有病原菌),都有可能发展成大规模的食品事故。为此,国际酪农联盟(IDF)提出了以下避免微生物事故发生的10项要求(IDF Bulletin 276/1992)。

- ①将生乳中的初始污染降到最小。只要牛奶和乳制品没有受到微生物污染,就无需阻止微生物的繁殖,也无需通过物理或化学处理来去除微生物。
- ②不要将污染严重的牛奶与干净的牛奶掺和在一起。
- ③不允许存在的微生物必须通过合适的加热、过滤或其他方法去除。
- ④运输、储存和加工过程中必须避免二次污染。

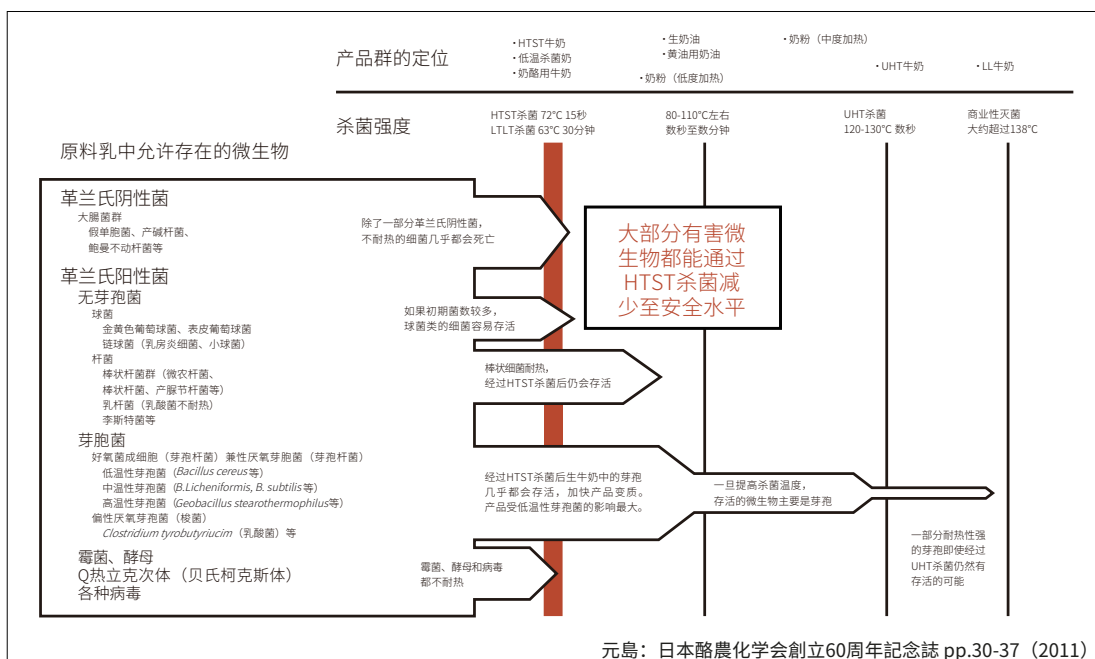


图 2 生乳中允许存在的微生物与杀菌方法的关系

- ⑤乳制品工厂在进行加热处理时必须避免细菌的繁殖。
- ⑥必须使用安全的包装将产品配送至市场或消费者手中。
- ⑦要用简单易懂、实际的方法来表示产品应该如何保存。
- ⑧绝对不能设定无法保证的保质期。
- ⑨如果不是完全密封就无法使风险降为“零”。
- ⑩即使问题解决了，也不要觉得问题不会再出现。

## (2) 预防清洗和杀菌后的污染

请留意上述10项中的第5项。图3列举了在加工过程中可能会影响产品品质的几个因素，其中最重要的是“不要引起清洗和杀菌后的污染(Post pasteurization contamination)”。

清洗和杀菌后的污染主要有A:来自杀菌后的设备外部的污染和B:由生产设备的清洗和消毒不当引起的(内部)污染——两种。A主要检测出革兰氏阴性菌或大肠菌群等不耐热的细菌，B主要检测出耐热细菌(芽孢菌、非芽孢菌)。而且，还需考虑到B可能会形成生物膜(有关生物膜后面将会讲述)。

## (3) 二次污染的指标菌

日本规定牛奶和乳制品的储藏温度要在10°C以下，但几乎所有先进国家规定的储藏温度都在4~7°C以下。实际上，牛奶在10°C以下，其大量的革兰氏阴性菌和肠杆菌科属细菌也会有繁殖的可能。因此，将产品储存在10°C以下时，只要发生轻微的革兰氏阴性菌等的杀菌后的污染，都有可能引发由此类微生物的繁殖造成的食品安全事故(本公司进行的实验结果表明，微生物在5°C以下仍然会发生繁殖)。事实上，我们不能断言“只要做好低温管理，事故就不会发生”。

产品中检测出了耐热细菌以外的革兰氏阴性菌或大肠菌群时，也许是杀菌时出现了破绽，又或者是受到了二次污染。革兰氏阴性菌作为二次污染的前兆，在产品中很容易就能检测出来，所以，除了大肠菌群的出货检查以外，我们通常会将革兰氏阴性菌定为污染的指标菌，用CVT琼脂培养基进行检测。牛奶中只要检测出含有低水平的革兰氏阴性菌，随之也会检测出大肠菌群，一旦被检测出来，就有可能引发重大事故。

## (4) 乳业中主要的耐热细菌

即使没有杀菌后的污染，还存在“残留的耐热细菌”这个问题(这里的耐热细菌是指“在HTST杀菌后残留的微生物”，不仅仅指芽孢菌)。没有形成芽孢的中等程度的耐热细菌有 *Microbacterium lacticum*、*Streptococcus thermo-philus*、金黄色葡萄球菌等。这些细菌在10°C以下几乎无法繁殖，只要做好杀菌后的低温管理即可。

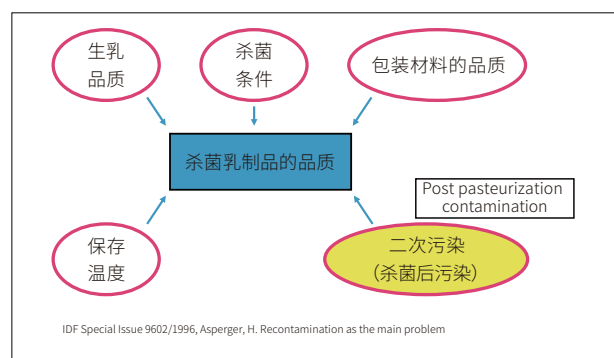


图3 决定产品品质的重要因素

另一方面，形成芽孢的耐热细菌有 *Bacillus cereus* 及种类相近的细菌、*B. licheniformis*、*B. subtilis*、*Anoxybacillus flavithermus*、*Geobacillus stearothermophilus*、*Clostridium tyrobutyricum*等。芽孢菌耐热，经常会残留在产品中，但多数芽孢菌都是无害的，而且除了一部分的菌种，其他芽孢菌在10°C以下几乎无法繁殖(*B. cereus*在低温中也可繁殖)。

## 乳业中的清洗理论

### (1) CIP的效率化所带来的优点

下面，让我们思考一下乳制品工厂中清洗的优化问题。

根据乳制品工厂中生产的产品种类，生产设备的CIP(原位清洗、Cleaning in Place)清洗需要花费一定的时间和精力。因此，进行有效及高效的清洗(不仅有助于卫生方面的改善)有助于提高生产性，可以说是一项非常重要的课题。

CIP的一般顺序是：①回收生产线中剩余的产品→②预先冲洗→③碱性清洗(通常使用约0.8~2.5%的氢氧化钠)→④中间清洗→⑤酸性清洗(通常使用约0.8~1.5%的硝酸)→⑥冲洗→⑦杀菌(生产前用热水等进行)。

通过改善CIP，值得我们期待的优点有：①节省水的使用量；②节省清洗剂(化学药品)的使用量；③改善微生物学的品质；④节省废水处理成本；⑤能节省CIP带来的能源成本；⑥能降低(由此产生的)产品价格。但是，想有效改善CIP，就要具备污垢和清洗的相关知识和理论。

### (2) 污垢大致分为两类

一般来说，在乳制品工厂中，生产后马上就会进行生产线的CIP。特别是热交换器在长时间运作后，乳成分(蛋白、磷酸盐、碳酸盐、脂肪等)就会如图4所示，附着、堆积在不锈钢表面，形成污垢(这些堆积物被称为“乳石”)。生产咖啡牛奶或巧克力牛奶时，不锈钢表面就有可能残留乳石、咖啡或者巧克力的成分。

清洗热交换器是乳制品工厂重要的管理项目之一。表5总结了乳成分和它们的清洗难度。例如，糖在UHT杀菌后会变成焦糖，一旦成为污垢附着就很难洗掉。而蛋白质在高温加热下会发生凝固，变得难以清洗。乳业中容易发生附着的污垢大致分为A、B两大类。

**【A类】热交换器的温度带为70~90℃**

⇒海绵状，奶油色，湿润感，蛋白含量60%，灰分含量30~40%（干重）

**【B类】热交换器的温度带为110~140℃**

⇒细密，结晶，玻璃状，蛋白含量20%，灰分含量80%（干重）

图5就热交换器中附着的污垢进行了说明。其中最重要的是β-乳球蛋白(β-Lg)和磷酸钙。β-Lg在加热超过70℃以上就会发生变质，暴露出SH基，变得容易发生反应。另一方面，牛奶中含有的磷酸离子和钙离子在加热后

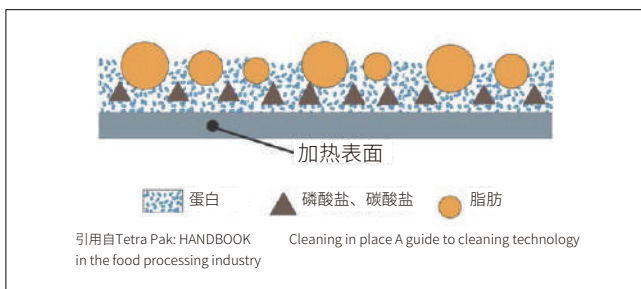


图4 附着在热交换器等设备表面的污垢示意图

污垢成分	对水溶解度	清洗难度	
		低温/中温杀菌设备	高温杀菌设备/UHT
糖分	· 溶于水	· 容易	· 焦糖化 · 困难
脂质	· 不溶于水	· 较难用碱清洗	· 聚合 · 困难
蛋白质	· 不溶于水	· 用碱清洗非常困难 · 用酸清洗稍微简单一些	· 变质 · 非常困难
矿物质	· 根据成分不同有所差异 · 几乎都能溶于酸	· 根据成分不同有所差异	· 根据成分不同有所差异

出处：Tetra Pak A/S: Dairy Processing Handbook (2003)

表5 牛奶的成分与清洗难度

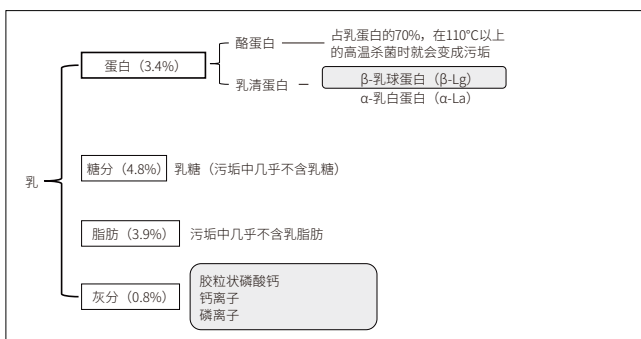


图5 热交换器上附着的污垢种类 (β-Lg和磷酸钙最重要)

会变成磷酸钙，不溶于水，并与不锈钢结合(附着在不锈钢表面)。成为上面所说的A类污垢。

另一方面，如果进行超过110℃的杀菌，就会产生B类污垢。虽然，我们已经知道B类污垢的主要成分为矿物，但与A类污垢相比，B类污垢仍然有很多未解之谜。

在此性质的基础上，如何建立有效和高效的清洗方法，是乳制品工厂在改善生产效率和环境效率时的关键点。很多时候，最好的方法是向清洗剂的生产商请教清洗方法，但是，想要通过减少清洗剂的使用来降低成本，我们必须了解清洗的理论。

**(3) 影响清洗效果的4个要素**

乳业领域中有很多关于清洗的研究，众所周知的①机械的剪力(流速)、②化学清洗力、③清洗温度、④清洗时间(污垢掉落的时间)，这四点对清洗的影响最大(见图6)。那么，为了将清洗时间减至最少以达到优化，我们应该进行怎样的研究呢？下面为大家介绍其中一种思路。

**①机械的剪力(流速)**

众所周知，清洗剂的流速会对清洗造成极大的影响。但是，流速并不是越快越好。管道的流速即使达到1.5m/秒以上，效果也不大。

**②化学清洗力**

想尽可能地减少清洗时间，重点是使用“浓度适宜的清洗剂”。很多人认为，浓度较大的清洗剂能更好地洗掉污垢，但清洗A类污垢时，最好使用0.5%左右的氢氧化钠，如果使用浓度更高的清洗剂，清洗速度就会下降(清洗温度为50℃)。另一方面，清洗B类污垢时，氢氧化钠的浓度降低至2.5%左右，污垢最容易被浓度比例匹配的氢氧化钠洗掉。

除了清洗剂浓度，清洗温度(见下一项)也会对清洗造成很大的影响。例如，清洗乳清蛋白时，温度越高清洗速度越快。但是，如果温度降低，使用的清洗剂浓度较高，清洗的速度反而会减慢。因为强碱在低温中接触到乳清蛋白，会使乳清蛋白凝胶化。我们在制定清洗条件时，必须充分考虑清洗剂浓度与温度的密切关系。

**③清洗温度**

一般来说，温度越高清洗效果越好，但我们需要根据清洗目的来采取最适宜的温度(温度过高也会产生密封装置或设备加速老化等问题)。

**④清洗时间**

清洗时间的管理也十分重要。污垢从清洗剂渗入至掉落需要一定的时间。通常，只要分析回流到清洗线的液体，就能明确所需的清洗时间。通过优化清洗剂种类、浓度、流速以及清洗温度等，就能缩短清洗时间。不过，即使在相同清洗条件下如果很随意地长时间清洗和冲洗，效率也不会提高。

CIP的优化关系到乳制品工厂环境效率(Eco-efficiency)的改善和生产成本的降低。因此,我们仍在积极开展有关CIP的研究。特别是污垢附着的原因、生物膜形成的原因和清洁监测方法等方面仍然存在研究的空间。不仅是清洗浓度优化的相关研究,UHT杀菌后的清洗(尤其是清洗含有砂糖的产品)等工序的研究仍然不够全面。

另外,世界上其他国家也在尝试改善CIP。例如,在2004~07年,澳洲维多利亚州的19个组织合作开展了以减少清洗剂用量为目的的“Closing the Loop计划”。

#### (4) 阻止生物膜的形成

生物膜是附着在固体表面的固定的微生物菌群,含有细菌细胞和细胞外多糖(EPS),蛋白质,DNA等物质。生物膜会在物体表面形成非常薄的一层,一旦形成就很难清洗。

由于设备清洗不足而形成的生物膜不仅会对产品造成污染,(由于杀菌前初期细菌数的增加)还会影响杀菌或灭菌原有的效果。也就是说,不当的CIP清洗或生物膜的形成有可能会对乳制品工厂造成致命的影响。如果从多个产品中都检测出了同一种菌株,有可能是生产设备上形成了生物膜。根据本工厂的经验,休息日后生产的产品中含有的细菌数较多,需要特别注意。

采取卫生措施必须拥有充分的微生物知识。在乳制品领域中出版了不少有关生物膜的教科书,例如2015年SDT(Society of Dairy Technology, UK)出版的《Biofilms in the Dairy Industry》等书籍,就有很大的参考价值。

#### 在清洗效果的监控中有效利用ATP检测

在乳制品工厂中,持续监控生产线,进行充分的清洗和杀菌,防止发生二次污染尤为重要。由于生产作业每天都会进行,所以我们需要尽量快速且简便地判断设备“是否残留污垢”。对此,本公司实施①ATP检测和②冲洗水的微生物检查,来“确认清洗后生产线的卫生情况”。

在确认是否做好CIP时,ATP检测(照片4)发挥了巨大的作用。特别要重点关注难以清洗之处的卫生情况。ATP检测的主要用途有以下3种。

##### ①日常涂抹(验证)

生产线根据需要每天进行两次(生产线的使用前和CIP结束后)ATP检测。

另外,需要人工清洗的地方(换句话说,清洗效率不如CIP清洗的地方)在清洗后也要进行ATP检测(照片5是设备拆卸清洗后进行ATP检测的样子)。

##### ②定期涂抹(验证)

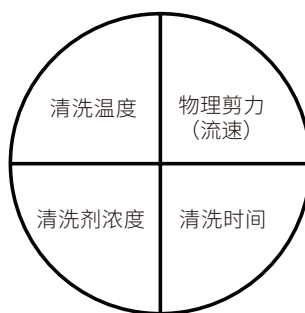


图6  
清洗的4个重要因素  
(Sinner circle)

A. Tammine: Cleaning-in-Place: Dirty, Fppd and Beverage Operations (2008)

为了检验规定好的清洗计划,我们会指定需要ATP检测的设备,并对其进行定期的ATP检测。

#### ③引进新的设备规定时的验证(妥当性)

在制定清洗计划和验证时也要进行ATP检测。

有关合格与否的判定基准,原本不锈钢表面要求低于200RLU\*(凹凸面或树脂表面要求低于500RLU),但在工厂内一律按照“低于100RLU”(根据产品品种而定,规定100RLU~200RLU)的基准进行管理。

\*RLU = Relative Light Unit (ATP检测特有的单位)

#### 补充: 发生微生物问题时的污染源调查情况

除了检查日常的清洁度以外,另外重要的一点是,万一从产品中检测出了不允许存在的微生物,就要进行“快速且正确的污染源调查”。本公司建立了一套可以鉴定MALDI-TOF/MS(质量分析设备,照片6)和基因等级的检测系统。

想识别污染源,就要区分每种菌株。我们可以利用RAPD(Randomly Amplified Polymorphic DNA)、PFGE(Pulsed-Field Gel Electrophoresis)或MLVA(Multiple-locus variable-number tandem repeat analysis)来区分菌株。

#### 结语

在乳制品工厂中,“清洗的优化”无论在卫生管理还是在生产管理上都是极其重要的课题。由于乳制品领域目前也正在清洗相关的研究,所以,相关人员经常都要“引进最新的清洗理论”。

我们在思考“如何进行清洗?”时,应该站在微生物学的角度,制定有理论依据的清洗步骤。特别要注意防止“因清洗不当造成生物膜的形成”。进行适当的CIP清洗对乳制品工厂而言是一个“左右公司命运”的重要课题,因此,本



照片4 ATP荧光检测的活用事例1  
必须检查生产线在使用前和CIP清洗后的清洁度  
(对难以清洗、不易看见的地方等场所进行涂抹检测)



照片5 ATP荧光检测的活用事例2  
检测设备拆卸后用手清洗的地方



照片6 本公司开发的可以进行污染源调查的检测系统 (左: DNA测序仪, 右: MALDI-TOF/MS biotyper)

公司利用ATP检测来监控“日常清洗是否做到位”。另一方面,我们也建立了一套能快速识别和调查污染源的系统,以备产品中出现微生物异常的情况时使用。

食品工厂为了将事故防患于未然,进行“日常监控”和“微生物学知识的普及”十分重要。

**kikkoman** 

**龟甲万百欧凯米发株式会社**  
(Kikkoman Biochemifa Company)

富士胶片和光(广州)贸易有限公司

广州市越秀区先烈中路69号东山广场30楼3002-3003室  
北京 Tel: 010 64136388 上海 Tel: 021 62884751  
广州 Tel: 020 87326381 香港 Tel: 852 27999019  
询价: wkgz.info@fujifilm.com

化学分析微信

目录价查询

