

## 二氧化碳抑菌技术在乳制品保鲜的应用

济南兰光机电技术有限公司

乳制品抑菌保鲜,是乳制品贮藏乃至销售阶段具有重要意义的一环,关系到食用者的健康、生产企业的经济损失和企业形象。酸化、变质,是导致乳制品风味劣变和胀袋的核心因素,也是乳制品保鲜贮藏技术所面对的最大挑战。乳制品酸化变质,不单单仅是腐败菌群的个人表演,而是腐败菌群及其释放的胞外酶的共同作用而成。

### 乳制品变质的主要成因——微生物

乳制品营养丰富,是广谱微生物群的理想培养基。大部分乳制品成品,如巴士杀菌鲜奶、酸奶等,需要采用低温贮藏以保持优良品质和营养成分。但低温贮藏并不是对所有微生物都有抑制作用,比如嗜冷菌。根据文献资料,所有乳制品货架期中,25%的问题由耐热的嗜冷菌引起的。

嗜冷革兰氏阴性菌属,其生长使冷藏的原料和巴氏杀菌乳、脱脂干酪和类似产品中的微生物恶化。假单胞菌,是嗜冷菌的代表菌株,革兰氏阴性、兼性厌氧、嗜冷菌,不仅可以在乳中生长,还可释放出许多可降解乳成分的胞外酶,主要是蛋白酶和脂肪酶,能够分解蛋白质和脂肪,使乳产生感官缺陷。这些酶具有耐热特性,从而影响了巴氏杀菌乳的产品保藏质量。

酵母和霉(地丝菌属、扇霉属,毛霉,支链胞属,青霉菌)导致风味、质地和可见的腐败。耐热的乳酸球菌的生长能降低巴氏杀菌乳的 pH 值直到发生凝乳。

相关研究表明,鲜牛乳经巴氏杀菌后仍残有一定数量的微生物。一般自牛乳经巴氏杀菌后 7d 内,微生物生长缓慢。随着贮藏时间的延长,以假单胞菌为主的嗜冷菌数量快速增长,当贮藏时间到 10~12d,假单胞菌数量可达峰值。于此同时,乳酸链球菌等开始迅速繁殖,分解乳糖产生乳酸,酸度升高,牛乳的 PH 值持续下降。此时假单胞菌的生长受限,12d 后开始大量死亡。当 PH 值降到 5 时,乳酸链球菌的生长也受抑制。由于乳酸杆菌的耐酸能力较强,逐渐占领繁殖优势,并继续产酸。此时,乳中出现大量乳凝块,并有乳清析出。

### 二氧化碳抑菌技术在乳制品的应用

二氧化碳,是碳原子最高氧化状态,常温下以无色无味的气体状态存在,微溶于水。二氧化碳是一种天然抗微生物剂,具有抑制微生物生长的作用。因为,二氧化碳分子是非极性的,易溶解在微生物细胞膜的脂质双分子层中,会增加膜的流动性,从而使细胞质暴露在有毒的环境中。微生物的细胞质含有水分,而二氧化碳与水将发生水合反应,生成碳酸,导致细胞质的 PH 值降低,这种变化将给细胞加压。二氧化碳在细胞内积累,微生物视其为代谢废物需消耗更多代谢能量。同时取代氧气最小限度发生降解反应,扰乱微生物正常的生理平衡。

二氧化碳抗菌技术应用于乳制品保鲜常采用两种方式:直接添加二氧化碳的方式和充入

二氧化碳混合气体的 MAP 气调包装技术。

已有相关研究证实,二氧化碳对革兰氏阳性和革兰氏阴性微生物的生长都具有抑制作用。这种抑制作用的发挥效果主要依赖于二氧化碳在产品中的溶解程度,故更易溶解的液态乳制品更宜采用直接添加二氧化碳的方式。

## 1、直接添加二氧化碳

直接添加二氧化碳的方法是将装有液化和压缩二氧化碳的钢瓶利用减压阀和导管连通液态乳容器底部,以较低的压力向液态乳中充入适量二氧化碳。

当采用此方法对于液态乳的货架期具有显著的延长作用。例如巴氏杀菌乳,常规货架期一般为 15d 左右,直接充入二氧化碳后货架期可延长 7 天左右。但是,这种对液态乳货架期的有益作用还受到包装材料阻隔性的影响。

包装材料是隔离液态乳与外界环境的屏障,重点是对氧气这一加速乳品氧化变质进程的气体的阻隔。该性能一般利用包装材料的氧气透过率指标表征,氧气透过率越大的包材,单位时间内透过同一面积包材的氧气量就越多。众所周知,氧气能促进微生物的生长繁殖,这就致使二氧化碳抗菌效果以及延长货架期的作用大打折扣。

笔者曾利用 Labthink 品牌的 VAC-V2 压差法气体渗透仪测试了不同贮藏温度下的多种液态乳包装材料的氧气透过率,如表 1 所示。可见,复合膜的氧气透过率明显低于 PE 膜,这是因为复合膜集合了多种膜材的优点,尤其是添加了铝箔的复合膜,氧气透过率仅为同温度下 PE 膜的 0.05%~0.16%。表 1 也反映了包装材料的氧气透过率指标受温度影响情况,即温度越高,材料的氧气透过率越大,越不利于对氧气的阻隔。

基于表 1 的试验结果,对于采用直接添加二氧化碳抑菌方法的液态乳,建议选择多层塑塑复合膜、铝塑复合膜、纸铝塑复合膜,或者镀铝复合膜等,能产生协同抑菌作用。相关研究显示,原料乳中注入二氧化碳后,采用高阻隔材料包装,其货架期提高了 97.9%,而采用低阻隔材料包装,其货架期也提高了 65.6%。

表 1. 液态乳包装材料不同温度下氧气透过率测试数据

试样编号	试样材质	标示存储条件	氧气透过率 cm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·24h·0.1MPa)		
			5℃	23℃	40℃
1#	PE	4~6℃	714.6126	1899.867	3849.2983
2#	五层共挤复合膜	常温	2.1599	8.7326	20.8520
3#	纸铝塑复合膜	常温	0.3832	1.1446	6.2386

## 2、添加二氧化碳混合气体的 MAP 气调包装技术

MAP 又称气调保鲜包装，是一种通过调节包装内气体含量以营造利于抑菌保鲜气体氛围的包装形式。粉类乳制品，由于形态缘故，更适宜采用 MAP 气调包装技术。实际中，需要将一定比例的氮气和二氧化碳混合气体充入包装内，惰性气体氮气能最大限度降低乳粉包装内氧气残留量，二氧化碳则协同发挥对乳粉中嗜氧菌繁殖的抑制作用，延长货架期。

需要注意的是，MAP 气调包装技术的抑菌效果与包装内各气体成分含量的稳定程度密切相关。若乳粉所用包装对气体的阻隔性较差，或乳粉包装密封不良，则易改变包装内部氮气或二氧化碳的含量，这也是乳粉气调包装要求使用对气体具有高阻隔性的包装材料，以及建立定期检测包装内气体成分含量的日常监测机制的原因。

笔者所在的济南兰光包装安全检测中心的研究人员，曾利用 CLASSIC 650 顶空气体分析仪测试了罐装乳粉和铝塑复合膜袋装乳粉两种乳粉试样的顶空气体成分含量，结果如表 2。罐装乳粉采用的是充入二氧化碳和氮气的气调包装，试验期间各气体成分含量较为稳定，原因可能在于马口铁罐自身对于气体优异的阻隔性。铝塑复合膜袋装乳粉采用的是充氮包装形式，从表 2 可以观察到，氧气含量随着贮藏时间的延长出现缓慢上升，氮气和二氧化碳含量逐渐减少。这可能由于铝塑复合袋表面存在针孔或折痕，或者存在泄漏点，增大了包装整体的氧气透过量。

表 2 乳粉包装内气体含量测试结果

	时间 /个月	O <sub>2</sub> 含量(%)				CO <sub>2</sub> 含量(%)				N <sub>2</sub> 含量(%)
		试样 1	试样 2	试样 3	平均值	试样 1	试样 2	试样 3	平均值	
罐装气调 包装	1	2.14	2.09	2.16	2.13	28.78	27.04	27.31	27.71	70.16
	2	2.19	2.03	2.18	2.13	29.01	28.96	27.46	28.48	69.39
	3	2.20	2.09	2.17	2.15	28.96	27.55	27.00	27.84	70.01
	4	2.15	2.24	2.08	2.16	27.46	27.04	27.96	27.49	70.35
袋装充氮 包装	1	1.06	0.95	1.00	1.00	0.08	0.07	0.08	0.08	98.92
	2	6.96	7.31	6.51	6.93	0.05	0.05	0.06	0.05	93.02
	3	10.06	11.52	10.69	10.76	0.05	0.03	0.03	0.04	89.20
	4	13.16	12.09	13.55	12.93	0.03	0.03	0.04	0.03	87.04

## 结语

抑菌，是乳制品贮藏保鲜领域的永久话题。以嗜冷菌为主的微生物菌群在低温环境中仍具有较为活跃的繁殖性，是乳制品最为主要的致腐菌群。二氧化碳是一种天然抗微生物剂，具有抑制微生物生长的作用，可采用向乳制品中直接添加二氧化碳的方式和充入二氧化碳混合气体的 MAP 气调包装技术实现抑菌保鲜目的。