

冷却肉中细菌病原体的存活和生长

■ M. Ellin Doyle博士 整理汇编 食品研究所

■ 柳 飞 翻译自 Meat Science

介绍

来自于健康动物的肌肉组织应该是安全无毒的。然而，当动物被宰杀的时候，来自于皮、内脏，和周围环境的细菌会污染肉的表面。无论采取任何措施，比如宰前清洗、宰的时候采取一些清理措施或者想办法保持周围环境干净，都是无法避免这种污染的发生。这些有机体有的是已经损坏的细菌，有的是对人体有害的病原体。很多细菌在低温下无法生长但是可以存活。

总的来说，很多细菌细胞在冷却下无法存活，但是其他一些细菌，包括李斯特菌、耶尔森氏菌、蜡状芽孢杆菌、肉毒梭菌和一些损坏的细菌都可以在低温下存活，但是在冷却储存下往往生长比较慢。

温度并不是惟一的限制细菌增长的因素。实验表明细菌在 pH 更低的酸性条件下生长更慢。用有机酸、磷酸钠溶液或者碱性溶液洗涤宰后畜体，可以明显降低病原体的数量。有些细菌的竞争力很弱，生长很慢，就会在其他的细菌存在的情况下暴露在肉的表面。在空气中冷却会导致肉的表面失水干燥和细菌繁殖。由于这个原因，谁也不能简单推断从实验室到商业上实际操作的冷却处理细菌增长变化的数据。

牛肉

慢速（9~12h 降到 69.8 °F）冷却的牛肉比快速（3~5h 降到 69.8 °F）冷却潜在的细菌病原体具有更多的潜在细菌病原体（金黄色葡萄球菌，产气荚膜梭菌和粪便中的大肠杆菌）。作者推荐在 3~9h 之间把肉的温度降到 69.8h，在加工制作之后在 24h 内继续冷却到 <50 °F。热鲜牛肉的

温度变化记载用来预测冷却过程中的卫生情况。我们发现包装肉的冷却比良好生产规范有更多的大肠杆菌生长（9.3 代和 6.8 代）。

冷却机械改良之后，肉的冷却速度加快了，大肠杆菌的平均增殖是 7.1 代。可以观察到的冷却柜中大肠杆菌的 1 代之内的增殖。在销售的冷却条件下储藏 10 天的过程中，从牛肉表面分离出来的嗜冷细菌从 <50% 增长到大概 90%，因为嗜温细菌相对减少了。在冷却终期分离出来的细菌种类包括金黄色葡萄球菌，大肠杆菌，假单胞杆菌等。商业上用两个喷雾冷却器将牛肉表面温度降低到 <44.6 °F，平均一个需要 12.8hr，一个需要 10.9hr。在各种不同温度下大肠杆菌的增殖数据表明，大肠杆菌的增殖分别是 6.8 和 4.7 代。

表 1 生肉中温度对食源性疾病细菌的控制

细菌	生长温度		在测试温度下持续的时间	
	最低温度	测试温度	停滞期	代时
蜡状芽孢杆菌	41° F	41° F		8.3 hr
空肠弯曲杆菌空肠亚种	86° F			
非蛋白水解肉毒梭菌	37.9° F			
蛋白水解肉毒梭菌	50° F			
产气荚膜梭菌	53.6° F	53.6° F		11.5hr
大肠杆菌SF	44.6° F	46.8° F	40hr	6.9hr
E.coli O157:H		35.6hr		no growth
E.coli O157:H7, pH 5.7		53.6hr	16.2hr	6.0hr
E.coli O157:H7, pH 6.3		53.6hr	2.78hr	3.9hr
单核细胞增生利斯特菌	32° F	39.2° F		22.8hr
单核细胞增生利斯特菌		39.2° F		9.3hr
鼠伤寒沙门菌	41° F	50° F	45hr	9.65hr
金黄色葡萄球菌	44.6° F			
小肠结肠炎耶尔森菌	30.2° F	41° F		16.53° F
小肠结肠炎耶尔森菌		50° F		12.73hr

猪肉

猪宰后在 39.2 °F 温度下冷却 20h 后立即检查猪胴体，29 % 的沙门氏菌并没有被冷却梭影响。

少数几个样品被大肠弯曲杆菌污染。冷却是为了降低样品的污染率。向宰后畜体喷洒乳酸溶液可以降低沙门氏菌和大肠弯曲杆菌的污染，但是不能完全消除它们。在三个屠宰计划中，对污染宰后畜体的因食性病原体进行检测分为几步。在冷却 24h 后，鲜活样品中的沙门氏菌，小肠结肠炎耶尔森菌百分比有所降低，金黄色葡萄球菌增加了，单核细胞增生利斯特菌数量不变。金黄色葡萄球菌的增加原因被认为是因为人体接触的原因，因为这种细菌往往通过人体传播。牛腰肉在 35.6 °F 下存放 36 天后，金黄色葡萄球菌、小肠结肠炎耶尔森菌和单核细胞增生利斯特菌都有所增加。

用喷雾冷却方式处理猪肉宰后畜体，用 41 °F 的 20- 秒的水以 10min 为间隔作为喷雾，被认为是一个卫生的举措。在喷雾冷却之前，先把畜体放在 -4 °F 气流中 60min。测量表面几个部位的温度，包括坐骨部位——这是被认为降温最慢的地方。15 个畜体中有 13 个在冷却末期（按最少时间 14.8hr 计算）降到 <44.6 °F。虽然温度历史数据显示，大肠杆菌在冷却过程中能增殖到 15.9 代，用图标精确计算，样品进入冷却器和出来，数量并无明显变



化。其他因素，比如表面的干燥，也会影响细菌变化。

传统的喷雾冷却器和之前的管道冷却器相比显示，再低温冷却之前用冷

空气先冷却更能抑止潜在的大肠杆菌。冷却器一般有加温和冷却区，取决于气流流动，这样能一直

保持低温。

羊羔

当用冷气冷却羊羔宰后畜体时，用冷气器喷出温度在 32 °F 的冷空气，这也是被认为做卫生合理的。测量表面几个部位的温度，包括坐骨部位（这是被认为降温最慢的地方），在冷却终期温度降到 <44.6 °F（最少时间为 17.5 hr）。温度降低速率的数据结合细菌增殖数据可以得知大肠杆菌可以在冷却期间从 0.2 代增生扩散到 7.1 代。然而，事实上对每 100cm² 宰后畜体表面的大肠杆菌进行检测，发现从冷却器出来的时候大肠杆菌从 2.12 降到 0.82 了。其他因素，比如表面的干燥，也会影响细菌变化。

加工卫生索引 (PHI) 建议建立完善的羊羔冷却系统。宰后畜体被放置在冷地上，14h 之内温度降低到 44 °F。历史温度被记录下来，结合大肠杆菌增殖的数据做出一个 PHI。肉被冷却直到消费者能有一个较高的可以接受的 PHI。

总结

快速冷却动物宰后畜体对于控制病原体细菌和破坏性细菌都有重要意义。冷却不能杀死这些细菌但是在冷却储存的过程中能减少很多有活性的细菌细胞。其他的食源性病原体细菌，在宰后动物的肉上不能生长繁殖，所以在卫生冷却过程中不被考虑。

嗜冷细菌能在低温下生长，甚至在冷冻温度下。比较重要的嗜冷病原体有单核细胞增生利斯特菌和小肠结肠炎耶尔森菌，都可以在低达 30 °F 的温度下生长。嗜冷细菌中的金黄色葡萄球菌在奶制品中较多，嗜温细菌经常在海产品中发现。不过这两方面的细菌都在环境中存在，也可能污染到肉品。

虽然嗜冷细菌能在低温下生长，但在生长之前有一个比较长的持续几小时的停滞期，在冷却温度下还有一个相对较长的代时。给足够的时间，会发生明显的增殖。其他因素，比如空气冷却干燥，其他细菌的出现，肉的 pH 值，畜体清洗程序可能影响病原体细菌的生长速率。

参考文献（略）