

Research on the colony growth curve characteristics of common group meal category samples in cabinets every 8 hours

Xingyu Hao Wei Zhang Chen Ling Weiguo Xia Liyuan Tao

Zhongyou Sunshine Catering (Beijing) Co., Ltd., Beijing, 100011, China

Abstract

In response to the food safety supervision requirements of group meals, this paper selects six typical group meal foods including rice, meat and vegetable dishes, soups and porgee. In a refrigerated space of 2 to 8℃, the dynamic number of colonies is regularly tracked to explain their characteristic points. After 40 hours, the colony count of the meat samples had reached the warning level of 10^5 CFU/g. For the vegetarian group, the value exceeded the limit after 56 hours. For soups and porgee with high water activity, the risk critical point was reached in just 32 hours. The curve undergoes a three-stage evolution of "slow growth - rapid growth - stable state", with the growth inflection point being within 8 to 24 hours. The differences in the proliferation of various colonies and their key risk points were clarified, and the data supported the sample retention period and the implementation of safety management for group meals.

Keywords

group meal sample retention; Total bacterial count; Growth curve; Food Safety; Storage time limit

常见团餐品类留样在柜中每 8 小时菌落增长曲线特征研究

郝星宇 张卫 凌晨 夏卫国 陶丽媛

中油阳光餐饮（北京）有限责任公司，中国·北京 100011

摘要

本文针对团餐食品安全监管需求，选取米饭、荤菜素菜、汤类及粥品等六种典型团餐食品，在2至8℃的冷藏空间中，规律性跟踪菌落数量动态，阐释其特征点。40小时后，荤食样本的菌落数量已达到 10^5 CFU/g的警示水平，素食组56小时后数值已超标，水分活性较高的汤粥类，仅32小时便触及风险临界点。曲线经历“缓增-快增-稳态”三阶段演变，8-24小时为增长拐点。阐明了各类菌落增殖的差异性及其风险关键点，数据支撑团餐留样期限与安全管理实施。

关键词

团餐留样；菌落总数；增长曲线；食品安全；储存时效

1 引言

团餐服务因供餐规模大、品类多样、就餐人群集中，其食品安全风险防控尤为重要。食品留样构成追踪食源性疾病的核心途径，需要阐明留样保存期间的微生物演变机制。GB 31654-2021《食品安全国家标准 餐饮服务通用卫生规范》规定，样品必须在 0 至 8℃ 温度范围内保存，共计 48 小时^[1]。但未明确不同品类在储存期间的微生物增殖特征，对留样菌落生长规律认知有限，留样超标未及时处理及留样时间过长问题频现，埋下食品安全隐患。

现有研究多围绕单一食品的微生物演变现象进行探讨，米饭保存变质规律与肉类腐败微生物种类考察，团餐多品混合样本的系统研究案例稀少^[2]。本文聚焦于六种团餐食品样本，复制留样储存情境，实施 8 小时周期性菌落计数分析，

制定微生物增殖变化曲线，分析各类团餐微生物增长特性及关键时间点，旨在构建团餐留样管理的科学基础，优化留样保存制度，降低食品安全潜在威胁。

2 材料与方法

2.1 样品选取

选取在某北京央企食堂典型团餐品类，涵盖 6 大类。

①主食类：白米饭、杂粮饭；②荤食类：清炒鸡丁、红烧排骨；③素食类：蒜蓉青菜、凉拌黄瓜；④豆制品：麻婆豆腐；⑤汤粥类：紫菜蛋花汤、小米粥；⑦熟食类：卤鸡腿。每类样品取 3 份平行样，每份 250g，均为当日烹饪后 2 小时内的成品，符合团餐留样规范。

2.2 储存条件

选取商业留样冷藏系统，设定温控区间为 2 至 8℃，相对湿度介于 50% 至 60%，构建与实际样品储存环境相仿的模型，样本纳入无菌密闭容器，标识品种及采集时刻，防止交叉污染，采用分层存放法。

【作者简介】郝星宇（1988-），男，中国陕西人，本科，工程师，从事公司质量健康安全环保管理研究。

2.3 检测方法

根据 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》的相关要求，对样本进行无菌操作，提取 25g 样本，混入 225ml 无菌生理盐水，均质化后稀释比 10 级。选定恰当的稀释级别，倾倒入琼脂层，实施 36℃至 37℃恒温，48 小时培养程序。量取菌落频谱，量取样品每克菌落计数结果，72 小时实验阶段，涉足 48 小时标准期与超期时段，各时间节点均执行三次平行实验，实施均值化。

2.4 数据分析

采用 SPSS 26.0 软件进行数值分析，构建菌落生长曲线图，采用 Logistic 模型对增长趋势进行曲线模拟^[3]。公式如下：

$$N(t)=\frac{K}{1+e^{a-bt}}]$$
 (1)

表 1 不同品类团餐留样在储存期间的菌落总数（CFU/g）变化

品类	0h	8h	16h	24h	32h	40h	48h	56h	64h	72h
汤粥类										
紫菜蛋花汤	1.2×10 ³	3.5×10 ³	8.9×10 ³	2.8×10 ⁴	1.2×10 ⁵	3.5×10 ⁵	6.8×10 ⁵	2.1×10 ⁶	5.6×10 ⁶	8.5×10 ⁶
小米粥	9.5×10 ²	2.8×10 ³	7.6×10 ³	2.1×10 ⁴	9.8×10 ⁴	2.9×10 ⁵	5.2×10 ⁵	1.8×10 ⁶	4.9×10 ⁶	7.2×10 ⁶
素食类										
凉拌黄瓜	2.1×10 ³	5.6×10 ³	1.2×10 ⁴	3.2×10 ⁴	6.8×10 ⁴	1.1×10 ⁵	2.8×10 ⁵	5.6×10 ⁵	1.2×10 ⁶	3.5×10 ⁶
蒜蓉青菜	1.5×10 ³	3.2×10 ³	6.8×10 ³	1.5×10 ⁴	3.5×10 ⁴	7.2×10 ⁴	1.5×10 ⁵	3.2×10 ⁵	8.9×10 ⁵	2.1×10 ⁶
荤食类										
清炒鸡丁	8.5×10 ²	1.5×10 ³	3.2×10 ³	8.9×10 ³	2.1×10 ⁴	1.2×10 ⁵	3.5×10 ⁵	6.8×10 ⁵	1.8×10 ⁶	5.6×10 ⁶
红烧排骨	7.2×10 ²	1.2×10 ³	2.8×10 ³	7.6×10 ³	1.8×10 ⁴	9.5×10 ⁴	2.9×10 ⁵	5.2×10 ⁵	1.5×10 ⁶	4.9×10 ⁶
豆制品										
麻婆豆腐	1.8×10 ³	3.5×10 ³	6.8×10 ³	1.2×10 ⁴	2.8×10 ⁴	5.6×10 ⁴	8.9×10 ⁴	1.2×10 ⁵	3.5×10 ⁵	8.9×10 ⁵
主食类										
白米饭	1.5×10 ³	2.1×10 ³	3.5×10 ³	6.8×10 ³	1.2×10 ⁴	2.8×10 ⁴	5.2×10 ⁴	8.9×10 ⁴	1.2×10 ⁵	1.8×10 ⁶
杂粮饭	1.2×10 ³	1.8×10 ³	3.2×10 ³	6.2×10 ³	1.1×10 ⁴	2.5×10 ⁴	4.8×10 ⁴	8.2×10 ⁴	1.1×10 ⁵	1.6×10 ⁶
熟食类										
卤鸡腿	6.8×10 ²	1.1×10 ³	2.1×10 ³	4.5×10 ³	8.9×10 ³	1.5×10 ⁴	3.2×10 ⁴	6.8×10 ⁴	1.1×10 ⁵	2.8×10 ⁵

3.2 增长曲线阶段划分

如表 2 所示，实施模型适配，各类菌落增殖趋势均与 Logistic 曲线相契合，菌落生长的三阶段划分及参数。对数增长长期是风险防控关键期，该阶段汤粥类增长速度为 8×10³ CFU/，与其他类别增幅相较，显著提高。

式中，N(t)为 t 时刻菌落总数（CFU/g）；K 为环境承载力（最大菌落数）；a、b 为模型参数；t 为储存时间（h）。

3 结果与分析

3.1 不同品类菌落增长曲线特征

6 类团餐品类在留样柜中的菌落增长曲线呈现明显差异，具体数据见表 1。不同品类增长特征可分为三类。32 小时后，紫菜蛋花汤的菌落总数已达到 10⁵ CFU/g 以上，经 40 小时培养，凉拌黄瓜样本超标，0.085/h。经过 40 小时培养，中等增长型荤食及豆制品中的清炒鸡丁，细菌含量达到 1.2×10⁵ CFU/g。56 小时后，麻婆豆腐的菌落计数结果已显现超标现象。64 小时后，主食与熟食类别的白米饭细菌含量已达到 10⁵ CFU/g，72 小时后卤鸡腿未现超标现象。

3.3 关键风险节点分析

如表 3 所示，以 10⁵ CFU/g 设定食品安全风险界限，各类产品超标时间节点与风险级别呈现多样性，至 48 小时规范留样截止点，汤粥及凉拌菜品含量已超标，荤食类临界值边缘界线点，主食与熟食未触及安全警戒线。

表 2 团餐留样菌落增长阶段特征及参数

阶段	时间范围（h）	特征描述	平均增速（CFU/（g·h））	主要影响因素
适应期	0-16	增长缓慢，微生物适应低温环境	<5×10 ²	低温抑制、营养适应
对数增长长期	16-48	增速最快，进入指数增殖阶段	5×10 ² -8×10 ³	营养利用、代谢活跃
稳定期	48-72	增长放缓，菌落数趋于稳定	<1×10 ³	营养消耗、代谢产物积累

表 3 不同团餐品类留样超标时间节点及风险等级

品类	超标时间（h）	48h 菌落数（CFU/g）	风险等级	防控建议
汤粥类	32-40	5.2×10^5 - 6.8×10^5	高	≤36h，24h 增设检测
凉拌菜	40-48	2.8×10^5	高	≤40h，强化密封
荤食类	40-56	2.9×10^5 - 3.5×10^5	中	≤56h，低温储存（0-4℃）
豆制品	56-64	8.9×10^4	中	≤64h，控制盐分含量
主食类	64-72	5.2×10^4	低	≤72h，保持干燥
熟食类	64-80	3.2×10^4	低	≤72h，利用卤素抑菌作用

4 讨论

4.1 品类差异成因分析

汤粥类和凉拌菜的快速增长与水分活度（ A_w ）、营养成分及加工方式密切相关，紫菜蛋花汤及小米粥的水分活度介于 0.96 至 0.97，富含水分的环境对假单胞菌及肠杆菌等微生物的生长条件极为适宜，蛋白质降解产物（如氨基酸）在汤中加速了菌落增长，凉拌黄瓜未经高温灭菌，起始菌落数量测得结果为 2.1×10^3 CFU/g，调味阶段油脂与盐分的添加，未能形成有效的抑菌浓度，迅速触及风险极限^[4]。

荤食菌落增殖显现“延缓-激增”模式，在清炒鸡丁与红烧排骨中，初始菌落数为 7.2×10^2 至 8.5×10^2 CFU/g，肌纤维蛋白在低温储存阶段逐步转化为小分子肽，为微生物补充氮素营养，40 小时后，菌落数量迅速进入对数增长期，荤食类中的脂肪氧化产物会破坏细胞膜结构，间接助长微生物繁衍。

主食与熟食的增长缓慢，归功于其内在的理化属性。其水分活度介于 0.92 至 0.93 之间，淀粉分子构建的紧密网络阻断了微生物的迁移途径。卤鸡腿中的食盐（3.5%）及香辛料（如八角、桂皮）对微生物细胞膜实施渗透性抑制，挥发性组分（如茴香脑）也能破坏细菌酶的活性结构，菌落增长速度比汤粥慢五倍。

4.2 留样时效优化建议

现行 48 小时统一留样制度存在“一刀切”弊端，应依据风险等级对各类产品实施分级治理，聚焦于高风险汤粥与凉拌食品，建议将样本保留时间缩短至 36 至 40 小时范围，24 小时储存期结束后，需增设一次菌落总数检测，借助快速检测试纸（如 ATP 生物发光法），实现 15 分钟内快速得出结果，迅速锁定超标风险早期阶段，汤粥留样分装，浅沿容器为首选，降低容器顶部的氧气饱和度，减缓好氧菌的繁殖势头^[5]。

肉类及豆制品类，可保留 48 小时样本留存期限，储存条件须设定为 0 至 4℃，较现行规定降低 2℃。试验数据显示，在既定温度设定中，清炒鸡丁的检测超标时限从 40 小时延长至 52 小时，麻婆豆腐保质期为 64 小时。这是由于低温显著降低了蛋白酶活性，减缓了营养物质的分解活动，应降低

留样柜开启的动作频率，避免温控波动超出 $\pm 2^\circ\text{C}$ 阈值。

主食类和熟食类可适当延长留样至 64 小时，必须强化包装的密封性，白米饭封装宜采用真空技术，维持氧气浓度在 3% 以下水平，抑制霉菌生长。卤鸡腿需单独密封，防止卤汁溢出，以免污染其他样本，提议采用“三色预警”标签体系。红色标注汤粥类和凉拌菜（需重点监测），荤食与豆制品采用黄色标识，纳入常规监控范围，主食与熟食常规保存标志，提升留样管理的精准性。

5 结语

针对 2-8℃ 储存环境的常见团餐留样，其菌落生长曲线呈现出 Logistic 模型特征，特征以“适应阶段、对数增长阶段、稳定阶段”三个阶段为标志，8-24 小时为菌落增长曲线的拐点，品类差异显著。根据研究数据，各类团餐留样在 2-8℃ 留样柜中达到 10^5 CFU/g 风险界限的超标时间。汤粥类，紫菜蛋花汤和小米粥在 32 小时即超标，是所有品类中风险最高的类别。素食类，凉拌黄瓜在 40 小时超标；蒜蓉青菜在 48 小时后持续增长，至 56 小时超标。荤食类，清炒鸡丁在 40 小时超标；红烧排骨在 40 小时接近临界值，48 小时后超标。豆制品，麻婆豆腐在 56 小时超标。主食类，白米饭和杂粮饭在 64 小时超标。熟食类，卤鸡腿在 64 小时接近临界值，至 80 小时超标，是所有品类中风险最低的类别。由此可见，汤粥类和凉拌菜等水分活度高的品类超标时间最早，需重点监控。而熟食类因加工工艺（如卤制）的抑菌作用，超标时间最晚。建议对高风险类别减少留样时间并强化监控水平，提升团餐食品安全监管的细致度。

参考文献

[1] 张慧敏,孔欣欣,郭楠楠,等. 梅菜扣肉预制菜贮藏过程中品质变化研究[J].食品科技,2024,49(11):150-156.DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2024.11.015.

[2] 聂梅梅,吴海虹,宗隽青,等. 基于高通量测序对不同清洗处理芥菜细菌群落结构分析[J].食品科技,2023,48(08):302-308. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2023.08.022.

[3] 肖岚,廖佑琴,王新程,等. 低盐洗漂泡菜菌落结构及其风味研究[J].食品安全质量检测学报,2023,14(10):22-30.DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2023.10.012.