

文章编号:1673-1689(2010)02-0211-04

冷却猪肉中特定腐败菌生长动力学参数的分析研究

李苗云, 杨向莹, 张秋会, 赵改名, 黄现青, 高晓平, 柳艳霞

(河南农业大学 食品科学技术学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 把特定腐败菌接种到无污染的冷却猪肉表面, 托盘包装分别置于 0、4、7、10、14、20 °C 的温度下贮藏, 研究不同温度时微生物生长的动力学参数及其关系。结果表明, 冷却猪肉贮藏时比生长速率和延滞时间是特定腐败菌的主要特性, 货架期与延滞时间(λ)呈正相关, 相关性最高为 0.991, 与最大比生长速率呈负相关。随着温度由 0 °C 升高到 20 °C, 延滞时间逐渐变短, 生长速度逐渐变快, 产品的货架期由 158 h 降低到 24 h。因此, 在实际的生产、流通和销售过程中, 不能完全保证产品始终处于 0~4 °C 的低温, 但是要严格控制温度不能超过 20 °C。

关键词: 冷却猪肉; 特定腐败菌; 比生长速率; 延滞时间

中图分类号: TS 207.4

文献标识码: A

Study on the Growth Kinetics Parameter of Specifics Spoilage Organisms for Chilled Pork

LI Miao-yun, YANG Xiang-ying, ZHANG Qiu-hui, ZHAO Gai-ming,
HUANG Xian-qing, GAO Xiao-ping, LIU Yan-xia

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this manuscript, the growth kinetics parameters analysis and construction the relationship in chilled pork stored aerobically in different temperature was carried out with mix microorganisms were inoculated to the no contamination longissimus muscle and tray-packaged at 0 °C, 4 °C, 7 °C, 10 °C, 14 °C and 20 °C. The results showed that the temperature dependence of specific spoilage microorganisms kinetic parameters- $\mu_{\max}$ (maximum specific growth rate) and λ (lag phase) were the major parameters. Shelf life had the positive correlation with lag time. The highest correlation coefficient was 0.991. Shelf life execute negative role on the maximum specific growth rate. With the temperature increased from 0 °C to 20 °C, λ decreased and $\mu_{\max}$ increased, as a result, the shelf life reduced from 158h to 24h. Based on the above results, the conclusion can be inferred: the chilled pork in the production, circulation and distribution should be strictly keep at less than 20 °C.

Key words: chilled pork, specific spoilage organisms, maximum specific growth rate, lag time

收稿日期: 2009-04-07

基金项目: 河南省科技厅产业技术研究与开发项目 (082109001500)。

作者简介: 李苗云 (1976 -), 女, 河南许昌人, 工学博士, 讲师, 主要从事肉品安全与质量控制研究。

Email: miaoyunli2003@yahoo.com.cn

冷却肉具有适合微生物生长的营养物质,是其理想的生长介质。肉中存在的微生物种类繁多,且来源复杂,决定冷却肉货架期长短的是微生物的种类而不是微生物的数量,但在确定微生物种类后,微生物数量是需要考虑的主要因素^[1]。肉品腐败主要是特定腐败菌(Specifics spoilage organisms, SSO)活动的结果,这决定了冷却肉的货架期。肉品内在和外在因素的结合与交互作用决定了肉品中微生物的生长^[2],其生长特性主要应用微生物生长的动力学参数进行描述^[3-4]。

对于冷却肉而言,主要是在冷链的状态进行运输和销售,产品的货架期较短,影响冷却猪肉货架期的主要因素是外在的温度变化。并且对猪肉中适冷微生物的生长研究表明,肉品中的肌肉组织对微生物生长的影响很大,简单的液体培养基很难来完成对肉品中真实状态的描述,因此来源于肉汤培养基建立的生长模型不能很好的描述猪肉中的生长行为^[5-8],因此,为了准确评价微生物生长的动力学参数,研究货架期与各参数之间的关系,使其成为消费者和肉类生产者的有效工具,而不只是实验室的一个手段。作者直接应用特定腐败菌在肉组织的变化来研究温度对微生物生长动力学参数的影响,建立冷却猪肉中剩余货架期与不同参数之间的关系,为定量评价温度对货架期的影响提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料

从某食品集团公司屠宰基地无菌操作取常规屠宰后内部无污染的背最长肌。修去筋腱后,无菌薄膜包装后置于0~4℃冷却24 h。

1.2 方法

1.2.1 样品处理 应用对腐败品质起腐败作用的一些适冷生长的微生物,假单胞菌属(*Pseudomonas*)、肠杆菌科细菌(*Enterobacter*)、气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)和热杀索丝菌(*Brochothrix thermosphacta*)为研究对象(即特定腐败菌,SSO),研究猪肉中不同温度贮藏时这些特定腐败微生物生长特性。该特定腐败菌均从冷却猪肉中分离,分别用无菌水制成 A_{600} 约为0.2的菌液,按照在猪肉中初始多样性的比例进行混合,然后应用LB液体培养基在0~4℃条件下活化,使接种稀释前的 A_{600} 约为0.2,取10 mL该混合菌液溶于990 mL的生理盐水中,制成接种液。

无菌操作把冷却猪肉分割成约25 cm²大小,厚

约2~3 cm的组织块。把组织块悬浮于制成的接种液中,悬浮15 s进行接种,常温静置15~20 min以去掉多余的水分,使初始接种量约 $10^4 \sim 10^5$ cfu/cm²。

分别把接种好的样品托盘包装放置于0、4、7、10、14、20℃恒温冰箱和培养箱中贮藏,菌数测定时样品的贮藏时间分别为隔24、12、12、12、12、8 h测定一次。每次平行测定4次。

1.2.2 微生物计数 按GB4789.2—1994用稀释平板法测定细菌总数。所用培养基为平板计数琼脂培养基(北京陆桥有限公司产品)。

1.3 计算动力学参数的数学模型

1.3.1 特定腐败微生物生长的动力学参数 分别将样品在不同温度(在0、4、7、10、14、20℃贮藏时微生物生长的数据,用修正的Gompertz方程描述不同温度条件下的生长动态^[9]。

$$N(t) = N_0 + (N_{\max} - N_0) \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[\mu_{\max} \times 2.718 / (N_{\max} - N_0) \times (\lambda - t) + 1]\} \quad (1)$$

式中: $N(t)$ 为 t 时的微生物数量[lg(cfu/g)]; N_0 为 $t=0$ 时的初始微生物数量[lg(cfu/g)]; $N_{\max}$ 为增加到稳定时期最大的微生物数量[lg(cfu/g)]; $\mu_{\max}$ 为微生物生长的最大比生长速率(h⁻¹); λ 是微生物生长的延滞时间(h); t 为时间。分别计算 $\mu_{\max}$ (h⁻¹), λ (h)等微生物生长的动力学参数。

1.3.2 货架期的计算 冷却猪肉中托盘包装条件下的货架期(Shelf life, SL, h),根据建立的特定腐败微生物生长动力学模型,通过该特定腐败微生物的初始菌数(N_0)到最小腐败量(N_s)所需要的增殖时间来预测。

$$SL = (-[(N_{\max} - N_0) / \mu_{\max} \times 2.718] \times \{\lg[-\lg[(N_s - N_0) / (N_{\max} - N_0)] - 1\}) \quad (2)$$

根据方程(2)分别统计不同温度下相对应的货架期, N_0 和 $N_{\max}$ 等参数。

1.4 数据处理

应用Statistica 6.0的统计软件(Statsoft),采用最小平方方法(least squares),选取适当的模型进行拟合和回归,获得不同条件下的微生物生长动力学参数。

2 结果与分析

2.1 腐败微生物在不同温度贮藏中的动力学模型

由表1可以看出,利用修正的Gompertz方程都能很好的描述本试验中腐败微生物生长的S形曲线,所得到的回归相关系数都很高,在0.972到0.995之间。说明肉品中微生物生长的动力学模型

是适合用 S 形函数或曲线模拟不同的温度对微生物生长效应,解释时间于特定生长的反应。

表 1 冷却猪肉中不同温度下微生物的生长动力学模型

Tab.1 Kinetic model of microbial growth on chilled pork at different temperature

温度/℃	微生物生长的动力学模型	R ²
0	$N(t) = 4.68 + 3.824 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.0172 \times (47.4039 - t) + 1]\}$	0.978
4	$N(t) = 4.714 + 4.176 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.0199 \times (33.7759 - t) + 1]\}$	0.994
7	$N(t) = 4.701 + 4.379 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.029 \times (17.5019 - t) + 1]\}$	0.991
10	$N(t) = 4.024 + 5.152 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.043 \times (7.64 - t) + 1]\}$	0.995
14	$N(t) = 4.0 + 5.89 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.053 \times (4.47 - t) + 1]\}$	0.972
20	$N(t) = 4.47 + 5.09 \times \text{Exp}\{-\text{Exp}[0.069 \times (1.75 - t) + 1]\}$	0.989

2.2 特定腐败菌在不同贮藏温度下的动力学参数

由表 2 可知,随着温度的升高,延滞时间逐渐降低,最大比生长速率逐渐升高,同时产品的货架期也随之变短,随着温度由 0℃升高到 20℃,λ 由 47.4039 h 降至 1.7494 h, N_{max} 由 0.02426 h⁻¹ 增至 0.1282 h⁻¹,贮藏货架期由 158 h 降低到 24 h。说明当猪肉在低温条件下贮藏时,微生物的生长大多受到抑制,而在较高的温度条件下,微生物的生长很快,此时贮藏时间很短,微生物很容易生长,易导致产品的腐败变质。

表 2 冷却猪肉在不同温度贮藏中微生物生长参数

Tab.2 Microbial growth kinetics parameter of chilled pork stored at different temperature

温度/℃	最大比生长速率/h ⁻¹	延滞时间/h	初始菌数 N ₀ /[lg(cfu/g)]	最大菌数 N _{max} /[lg(cfu/g)]	货架期/h
0	0.024264	47.4039	4.68	8.50	158
4	0.030578	33.7759	4.71	8.98	116
7	0.047233	17.5019	4.70	9.08	72
10	0.063213	7.63827	4.02	9.18	60
14	0.114803	4.4692	4.00	9.89	33
20	0.128205	1.7494	4.47	9.56	24

从表 2 可以看出,初始的微生物数量比较稳定,是因为作者采用统一的接种过程导致的。最大菌数在不同的温度条件下有所不同,介于 8.5 到 9.9 之间。因此在实际的生产、流通和销售过程中,不能完全保证产品始终处于 0~4℃,但也要尽可能控制温度不能超过 20℃。

2.3 特定腐败菌生长动力学参数与货架期的相关性

在所有参数中,货架期与延滞时间呈正相关,并且相关性最高为 0.991,与最大比生长速率呈负相关,相关系数为 0.898,与最大菌数呈负相关,相

关系数为 0.919,只有与初始的菌数相关性最低,为 0.624。延滞时间是微生物适应外界环境而积聚能量和为生长作准备的时间,此阶段越长越有利于延长产品的货架期。货架期与最大比生长速率呈负相关,说明最大比生长速率越小越有利于货架期的延长。

不同的处理对微生物生长的各种参数都有一定的影响,对于不同的包装和温度处理,比生长速率和延滞时间是不同微生物所特有,并且与初始细菌数量和最大细菌数量有一定的关系^[10~12]。本试验中,所有的初始菌数是接种形成的,初始的状态比较一致,因此导致了与货架期之间的相关性不强。一般情况下,初始细菌数量低时货架期较长^[13,14],与最大菌数呈负相关,且相关系数也比较高。但是,在此有一个最为重要的问题是当达到最大菌数时,产品已经完全腐败,实际的生产、流通和销售过程中并不是很有意义,产品的最小腐败量一般低于最大菌数,说明当产品已经腐败后微生物还能继续生长。此后的反应并不能说明对货架期的影响,只是说明对微生物的生长速度有影响。

因此,由结果分析可知,本文中不同温度条件下的比生长速率和延滞时间是腐败微生物的主要特性,是影响微生物生长快慢的主要因素,也是影响产品货架期的主要原因,在延长延滞时间的同时如果能采取措施降低最大比生长速率就越有益于货架期的延长。

3 结 语

冷却猪肉贮藏时比生长速率和延滞时间是特定腐败微生物的主要特性,是影响微生物生长快慢的主要因素,也是影响产品货架期的主要原因。货架期与延滞时间(λ)呈正相关,相关性最高为 0.991,与最大比生长速率呈负相关,随着温度的升

高,延滞时间逐渐变短,生长速度逐渐变快,产品的货架期也随之变短,在较高的温度条件下,微生物很容易生长,贮藏时间很短,很容易导致产品的腐

败变质。在实际的生产、流通和销售过程中,即使不能完全保证产品始终处于低温的 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$,但是也要严格控制温度不能超过 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

参考文献(References):

- [1] Blixt Y, Borch E. Comparison of shelf life of vacuum - packed pork and beef[J]. **Meat Science**, 2002, 60, 371 - 378.
- [2] Jay J M. 现代食品微生物学[M]. 徐岩 译. 北京:中国轻工业出版社,2001.
- [3] Mellefont L A, McMeekin T A, Ross T. The effect of abrupt osmotic shifts on the lag phase duration of foodborne bacteria[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2003, 83, 281 - 293.
- [4] Gill C O. Induction of a lag phase by chiller temperatures in *Escherichia coli* growing in broth or on pork[J]. **Food Microbiology**, 2001, 2(18), 141 - 149.
- [5] Gill C O, Greer G G, Dilts B D. The aerobic growth of *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* in broths and on pork[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1997, 35, 67 - 74.
- [6] Gill C O, Greer G G, Dilts B D. Predicting the growth of *Escherichia coli* on displayed pork[J]. **Food Microbiology**, 1998, 15, 235 - 242.
- [7] Baranyi J, Roberts T A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1994, 23, 277 - 294.
- [8] Buchanan R L, Whiting R C, Damert W C. When is simple good enough: a comparison of the gompertz, baranyi, and three phase linear models for fitting bacterial growth curves[J]. **Food Microbiology**, 1997, 14, 313 - 326.
- [9] Zwietering M H, Jongenberger I, Rombouts F M. Modeling of the bacterial growth curve[J]. **Application Environment Microbiology**, 1990, 56, 1875 - 1881.
- [10] Liu F, Guo Y Zh, Li Y F. Interactions of microorganisms during natural spoilage of pork at $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [J]. **Journal of Food Engineering**, 2006, 72, 24 - 29.
- [11] Liu F, Yang R Q, Li Y F. Correlations between growth parameters of spoilage micro - organisms and shelf - life of pork stored under air and modified atmosphere at $-2, 4$ and $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [J]. **Food Microbiology**, 2006, in press.
- [12] 马俐珍, 卢智, 朱俊玲. 调味液处理后的真空包装冷却羊肉低剂量辐射后的微生物变化[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(1): 32 - 39.
MA Li-zhen, LU Zhi, ZHU Jun-ling. Changes in microflora characteristics of vacuum-packaged fresh mutton after dealing with preservative solution and irradiated at low - dose irradiation[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(1): 32 - 39. (in Chinese)
- [13] Jay J M, Vilai J P, Hughes M E. Profile and activity of the bacterial biota of ground beef held from freshness to spoilage at $5 - 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2003, 81, 105 - 111.
- [14] McMullen L M, Stiles M E. Microbial ecology of fresh pork stored under modified atmosphere at $-1, 4$ and $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1993, 18, 1 - 15.

(责任编辑:朱明)