

散装卤制鸭翅尖中乳酸菌生长预测模型研究

赵国娇,王宏勋*,宋志强 (武汉工业学院食品科学与工程学院,湖北武汉 430023)

摘要 [目的]探讨散装卤制鸭翅尖中乳酸菌的生长规律。[方法]采用 Gompertz 模型对不同温度条件下散装卤制鸭翅尖中乳酸菌的生长曲线进行拟合,利用平方根模型构建乳酸菌的二级模型,并应用计算准确因子(A_f)和偏差因子(B_f)验证建立的生长模型。[结果]试验表明,Gompertz 模型能很好地模拟不同温度下乳酸菌的生长情况($R^2 > 0.98$);数学检验参数 A_f 、 B_f 接近 1.0,均在接受范围。平方根模型描述温度与最大比生长速率和延滞期的关系,得到乳酸菌的生长预测二级模型。[结论]该模型可预测 5 ~ 25 ℃ 范围内乳酸菌的变化情况,为散装卤制鸭翅尖腐败微生物的预测研究提供理论依据。

关键词 卤制鸭翅尖;乳酸菌;预测模型
中图分类号 S879.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)03-01250-03

Study on Predictive Model for Growth of Lactic Acid Bacteria from Stewed Duck Wingtip for Bulk
ZHAO Guo-jiao et al (College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430023)
Abstract [Objective] To discuss the growth rule of lactic acid bacteria from the stewed duck wingtip for bulk. [Method] Primary models (Gompertz) and secondary models(square root) were developed to describe the growth kinetic of lactic acid bacteria, A_f and B_f were used to verify the growth model. [Result] The results showed that growth dynamics of this organism under 5 ~ 25 ℃ could be well described by Gompertz model, with all the value of R^2 beyond 0.98; mathematical parameters(A_f , B_f near 1.0) were all in acceptable range. The square root model described the relationship between temperature and maximum specific growth rate, lag phase, and built the predictive secondary model of lactic acid bacteria. [Conclusion] The models were valuable for realistic prediction of lactic acid bacteria from 5 to 25 ℃ and provide theoretical basis for the prediction of spoilage microbiology in stewed duck wingtip for bulk.
Key words Stewed duck wingtip; Lactic acid bacteria; Predictive model

酱卤制品是肉加调味料和香辛料,以水为介质,加热煮制而成的熟肉类制品^[1],其风味浓郁,深受消费者喜爱^[2]。为保持风味鲜美,卤制鸭翅尖采用裸装零散方式销售,更容易引起微生物污染而导致产品品质下降。近年来,食品微生物预测技术逐步成熟,对主要微生物的生长、存活和死亡可进行快速预测,确保食品的安全和稳定^[3]。目前国内研究较多是以冷鲜肉、鱼肉为主要研究对象^[4-8],形成各种预测模型^[9-13],对鸭翅尖研究较少。有研究报道,乳酸菌是裸装卤制全鸭中主要优势菌^[14],因此,笔者研究散装卤制鸭翅尖中乳酸菌的生长预测模型,为卤制鸭翅尖风险评估提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品。裸装卤制鸭翅尖,购于武汉市常青花园周黑鸭专营店。

1.1.2 培养基和试剂。MRS 琼脂,青岛海博;氯化钠,国药集团。

1.1.3 仪器与设备。HBM 样品均质器,天津恒奥;JA 电子天平,上海菁海;DHP 型电热恒温培养箱,上海一恒;SW-CJ-型双人单面净化工作台,苏州净化;蒸汽消毒器,上海博迅;MIR 低温培养箱,日本三洋。

1.2 不同温度下的生长曲线 将当天购买鸭翅尖分别储藏在 5、10、15、20 和 25 ℃ 温度下,每天选取适当时间剪鸭翅尖

25 g,放入装有 225 ml 无菌生理盐水的无菌均质袋中,以 7 h/s 的速度拍击 2 min,取出样品,制成 1:10 的样品液。用 MRS 选择性培养基倾注平皿,37 ℃ 培养 48 h 后计数^[15-16]。

1.3 一级模型的拟合及其验证

1.3.1 一级模型的构建。运用 SAS 9.1 统计软件,将 Gompertz 模型拟合不同温度下获得的乳酸菌的生长数据,测定其生长动态。修正的 Gompertz 方程^[17]如下:

$$\lg N_{(t)} = N_0 + C \cdot \exp \{ - \exp [- B(t - M)] \} \quad (1)$$

式中, N_0 是初始菌数 [$\lg(\text{cfu/g})$], C 是随时间无限增加时菌增量的对数值 [$\lg(\text{cfu/g})$], B 是在时间为 M 时的相对最大比生长速率(d^{-1}), M 是达到相对最大生长速率所需要的时间(d)。得到上述参数后,通过以下公式求出 U 、 LPD 值。其中,最大比生长速率 $U = B \cdot C/e$,单位为(d^{-1}), $e = 2.718\ 2$;迟滞期 $LPD = M - (1/B)$,单位为 d 。

1.3.2 一级模型的验证。偏差因子(B_f)衡量预测值是否与实测值相吻合,准确因子(A_f)表示实测值与预测值的相对标准偏差, A_f 和 B_f 的公式如(2)和(3)所示。

$$A_f = 10^{\frac{\sum_{i=1}^n \lg(N_{\text{predicted}}/N_{\text{observed}})}{n}} \quad (2)$$

$$B_f = 10^{\frac{\sum_{i=1}^n \lg(N_{\text{predicted}}/N_{\text{observed}})}{n}} \quad (3)$$

1.4 二级模型的拟合 平方根模型^[18]公式如下:

$$\sqrt{U} = b_U \times (T - T_{\min U}) \quad (4)$$

$$\sqrt{1/LPD} = b_L \times (T - T_{\min L}) \quad (5)$$

式中, T 是培养温度, $T_{\min U}$ 、 $T_{\min L}$ 是最低生长温度; b 是系数。

2 结果与分析

2.1 不同温度下乳酸菌生长曲线 由图 1 可知,温度越高,

基金项目 863 计划课题“农产品质量安全全程监控技术验证与应用”(2011AA100702)。
作者简介 赵国娇(1989-),女,湖北荆州人,硕士研究生,研究方向:食品科学、食品质量与安全控制,E-mail:549125147@qq.com。* 通讯作者,副教授,从事食品质量微生物安全风险评估与微生物食品加工研究。
收稿日期 2012-12-10

乳酸菌生长速率越快。5 与 10 ℃ 生长趋势基本一致,可能是乳酸菌更好利用糖类物质,而鸭翅尖中碳水化合物含量相对较低,致使中低温度时乳酸菌生长较为缓慢。15 ℃ 生长前期平缓,3 d 后生长速率加快。20、25 ℃ 乳酸菌 0.5 d 后进入对数生长期,分别在第 3 天和第 2.5 天,菌落数可达到 10^8 cfu/g。说明高温段,温度对乳酸菌生长速率影响远大于营养成分对生长速率的影响。

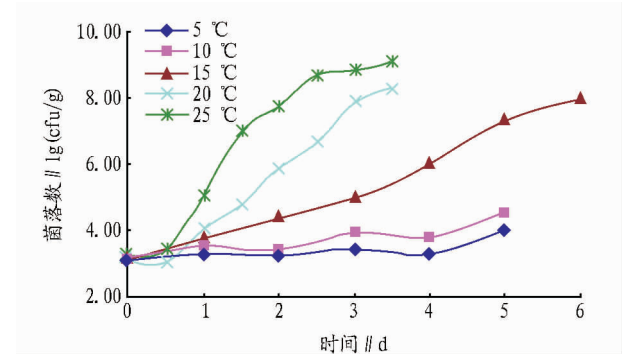


图1 不同温度下乳酸菌生长曲线

2.2 乳酸菌生长动力学模型的拟合及其验证

2.2.1 一级模型的拟合。由表 1 可见,利用 Compertz 模型拟合的乳酸菌生长动力学参数:最大比生长速率从 0.162 9 增加到 3.833 0,延滞期从 0.658 6 降低到 0.539 0。最大比生长速率增加较快,延滞期下降较慢。说明温度对最大比生长速率影响较大,对延滞期影响稍小。

表 1 不同温度下乳酸菌的生长动力学模型		
温度 ℃	乳酸菌生长动力学模型	R^2
5	$\lg(N_t) = 3.06 + 0.97 \exp\{-\exp[-0.456\,1(t - 2.851\,1)]\}$	0.985 6
10	$\lg(N_t) = 3.15 + 1.43 \exp\{-\exp[-0.539\,4(t - 2.489\,4)]\}$	0.988 2
15	$\lg(N_t) = 3.10 + 4.86 \exp\{-\exp[-0.644\,8(t - 2.610\,5)]\}$	0.995 4
20	$\lg(N_t) = 3.08 + 5.23 \exp\{-\exp[-1.305\,4(t - 1.567\,9)]\}$	0.996 2
25	$\lg(N_t) = 3.24 + 5.86 \exp\{-\exp[-1.779\,2(t - 1.101\,0)]\}$	0.997 4

表 3 不同温度下乳酸菌生长动力学参数							
温度//℃	N_0	C	B	M	U	LPD	$N_{\max}$
5	3.06 ± 0.026 7	0.97	0.456 1 ± 0.0.274 0	2.851 1 ± 0.764 5	0.162 9	0.658 6	4.03 ± 0.097 8
10	3.15 ± 0.043 9	1.43	0.539 4 ± 0.227 8	2.489 4 ± 0.522 5	0.284 0	0.635 5	4.61 ± 0.022 8
15	3.10 ± 0.024 5	4.86	0.644 8 ± 0.113 0	2.610 5 ± 0.213 2	1.152 8	1.05 9	7.96 ± 0.010 1
20	3.08 ± 0.051 3	5.23	1.305 4 ± 0.150 7	1.567 9 ± 0.071 4	2.509 3	0.801 8	8.30 ± 0.010 7
25	3.24 ± 0.017 6	5.86	1.779 2 ± 0.106 0	1.101 ± 0.028 3	3.833 0	0.539 0	9.09 ± 0.005 0

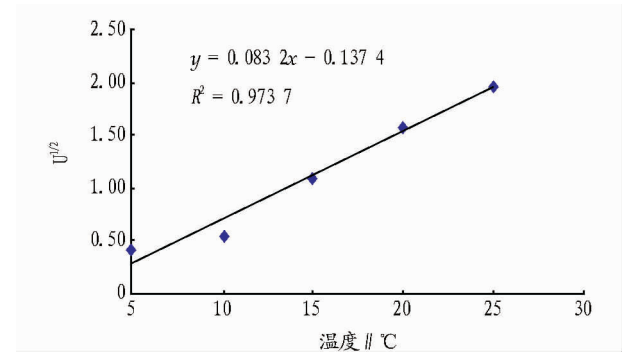


图2 温度与最大比生长速率的关系

2.2.2 一级模型的验证。从表 2 可以看出, A_f 最小值为 0.832 5,最大值为 1.058 0,实测值与预测值相差不大; B_f 最小值为 0.945 2,最大值为 1.201 2,预测值与实测值的相对标准偏差较小,均在可接受范围内。由此表明,模型能很好地预测不同温度下乳酸菌的生长。

表 2 预测模型的验证		
温度//℃	A_f	B_f
5	0.976 0	1.024 6
10	0.915 0	1.092 9
15	0.832 5	1.201 2
20	0.905 8	1.103 9
25	1.058 0	0.945 2

2.3 二级模型的拟合 表 3 为一级模型中动力学参数,平方根模型主要描述温度对各参数的影响。图 2 显示回归系数 R^2 为 0.973 7,存在良好的线性关系,表明温度对最大比生长速率影响较大。这与当前大部分冷却肉中微生物预测模型相符。图 3 说明温度对延滞期影响相对较小。可能是鸭翅尖提供营养成分使乳酸菌在前期不能很好生长,导致低温延滞期变化不大。模型方程为(6)、(7)。

$$\sqrt{U} = 0.083\,2[T - 0.137\,4] \tag{6}$$

$$\sqrt{1/LPD} = 0.010\,2[T - (-1.086\,5)] \tag{7}$$

3 结论

该试验研究散装卤制鸭翅尖中乳酸菌在一定温度范围内的增殖变化情况。修正的 Gompertz 模型回归系数 R^2 均大于 0.98,说明能很好拟合不同温度乳酸菌的生长情况, A_f 、 B_f 值都在 1.0 左右,一级预测模型的精准度较高;平方根模型构建的二级模型中,温度与最大比生长速率呈现良好的线性关系, R^2 为 0.973 7,但与延滞期的线性关系不明显, R^2 为 0.860 8。这可能与样品组分有关,鸭翅尖不容易腐败,微生物生长适应期有所增加。该研究为预测散装鸭翅尖制品中

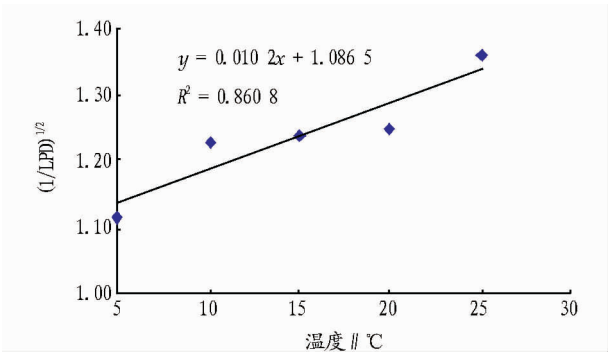


图3 温度与延滞期的关系

乳酸菌的变化提供了基本模型,为进一步深入研究散装鸭翅尖制品的质量安全提供基础。

参考文献

- [1] 林春波,王丽. 卤制品发展现状与未来趋势[J]. 中国调味品,2010,35(7):30-31.
- [2] 张海彬. 风味卤鸭的加工工艺研究[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [3] 傅鹏,李平兰. 冷却猪肉初始菌相分析与冷藏过程中菌相变化规律研究[J]. 食品科学,2006,27(11):119-124.
- [4] MCMEKIN T A. Predictive microbiology: Quantitative science delivering quantifiable benefits to the meat industry and other food industries[J]. Meat Science,2007,77:17-27.
- [5] 刘超群,陈艳丽,王宏勋,等. 冷鲜猪肉中热杀索丝菌生长预测模型的建立与验证[J]. 食品科学,2010,31(18):86-89.
- [6] 李飞燕,梁荣蓉,毛衍伟,等. 冷却肉中微生物生长模型和货架期预测模型的研究进展[J]. 食品科学,2009,30(S1):172-177.
- [7] 张培培. 冷鲜猪肉中主要病原菌检测及单增李斯特菌的生长预测模型比较[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [8] 张立奎,陆兆新. NaClO 处理鲜切生菜中大肠菌群数的预测模型研究[J]. 食品科学,2004,25(7):67-71.
- [9] JUNEJA V K, MARKS H, THIPPAREDDI H. Predictive model for growth of *Clostridium perfringens* during cooling of cooked uncured beef[J]. Food Microbiology,2008,25:42-55.
- [10] GARCIA-GIMENO R M, BARCO E, RINCON F, et al. Response surface

model for estimation for *Escherichia coli* O157:H7 growth under different experimental conditions[J]. Journal of Food Science,2005,70(1):30-36.

- [11] WHITING R C, BAGI L. Modeling the lag phase of *Listeria monocytogenes*[J]. International Journal of Food Microbiology,2002,73(2/3):291-295.
- [12] WILSON P D G, BROCKLEHURST T F, ARINO S, et al. Modelling microbial growth in structured foods: towards a unified approach[J]. International Journal of Food Microbiology,2002,73:275-289.
- [13] BARANYI J, PIN C, ROSS T. Validating and comparing predictive models[J]. International Journal of Food Microbiology,1999,48:159-166.
- [14] 林睿,赵国娇,王宏勋. 裸装卤制全鸭中菌相初步研究[J]. 中国酿造,2012,31(7):93-95.
- [15] 国家质量技术监督局. GB 4789.2-2008 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [16] 国家质量技术监督局. GB/T 5009.44-2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [17] GIBSON A M, BRATCHELL N, ROBERTS T A. The effect of sodium chloride and temperature on the rate and extend of growth of *Clostridium botulinum* type A in pasteurized pork slurry[J]. Journal of Applied Bacteriology,1987,62:479-490.
- [18] 董庆利,屠康,李保国,等. 平方根模型在亚硝酸盐抑菌预测中的探讨研究[J]. 食品工业科技,2009,30(7):161-164.

(上接第1249页)

产品的品质问题已经受到越来越多的人关注。这对于板鸭制品来说,既是机遇也是挑战。机遇是因为板鸭历来深受广大消费者的喜爱,随着人们生活水平的提高,对板鸭的消费趋势肯定是越来越多的;但另外一方面,由于近来人们的食品安全意识增强,加之个别食品安全问题的曝光,也使广大消费者更加关注板鸭制品的品质以及对人体健康的影响。这就要求板鸭制品要不断地改进加工工艺,不断提高板鸭的防腐保鲜效率,而且要提高板鸭的营养价值改善产品风味。

目前,我国工业化进程对于提高板鸭制品的质量有很大的帮助,工业化生产板鸭较之传统的作坊式生产更加安全。我国也将传统特色食品和畜禽产品生产技术与产品开发等内容列入国家863课题^[17],这一举措有利于提高板鸭制品生产的安全性、可控性、卫生性、科学性,有利于增强板鸭的市场竞争力,板鸭制品的开发研究以及市场前景一片光明。

参考文献

- [1] 陈婉珠,芮汉明,张玲. 板鸭生产工艺及质量关键控制点[J]. 食品与发酵工业,2005,31(4):141-143.
- [2] 郑坚强,司俊玲,马丽珍. 盐水鸭、酱鸭和烤鸭制作工艺的研究[J]. 肉类工业,2003(9):13-15.
- [3] 邱洪冰,闫仁扣,王军. 醉鸭的加工工艺[J]. 肉类研究,2007(6):21-22.
- [4] XU W M, XU X L, ZHOU G H, et al. Changes of intramuscular phospholip-

ids and free fatty acids during the processing of Nanjing dry-cured duck[J]. Food Chemistry,2008,110(2):279-284.

- [5] DEMEYER D, BLOM H, HINRICHSSEN L, et al. Interaction of lactic acid bacteria with muscle enzymes for safety and quality of fermented meat products[C]//Proceedings of Lactic Acid Bacteria Conference. Cork,1995:1-18.
- [6] NAES H, HOLCK A L, AXELESSON L, et al. Accelerated ripening of dry fermented sausage by addition of a *Lactobacillus* proteinase[J]. International Journal of Food Science and Technology,1995,29:651-659.
- [7] 王建新,袁平海. 香辛料原理与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004:96-100.
- [8] SHAHIDI F. 肉制品与水产品的风味[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001:193-211.
- [9] 陆丞. 板鸭气调干制技术与设备[J]. 福建农业学报,2005,20(2):122-124.
- [10] 徐为民,郑安俭,诸永志,等. 南京板鸭加工过程中脂肪氧化研究[J]. 江苏农业学报,2006,22(4):452-455.
- [11] 清源. 传统肉制品板鸭的研究现状[J]. 肉类研究,2011,143(1):27-29.
- [12] 危贵茂. 发酵型南安板鸭生产工艺的研究[J]. 食品研究与开发,2007(9):101-105.
- [13] 林明珠,赵士权,李光,等. 板鸭在保存中卫生质量变化的观察[J]. 肉品卫生,2000(9):9-12.
- [14] 张懿. 建瓯板鸭辐照保鲜技术研究[J]. 福建农业科技,2001(1):14-15.
- [15] 丁庆波,周永昌. 南安鸭脱氧剂封存保鲜研究[J]. 肉禽蛋,1992,18(6):23-25.
- [16] 刘晓华,董国鲜,熊勇华,等. 腌制方法对板鸭含盐量的影响研究[J]. 工艺技术,2004,25(8):85-87.
- [17] 闰立春,孙卫青. 板鸭理论研究现状[J]. 肉类工业,2007(3):39-40.