

王亚楠,侯温甫. 鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌生长预测模型[J]. 江苏农业科学,2014,42(2):206-208.

鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌生长预测模型

王亚楠,侯温甫

(武汉轻工大学食品科学与工程学院,湖北武汉 430023)

摘要:以鲜切草鱼脊肉块为研究对象,用 SAS 软件拟合不同温度下鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌的生长情况。结果表明:修正的 Gompertz 方程可较好地预测不同温度下热杀索丝菌生长情况;采用平方根模型构建热杀索丝菌生长预测二级模型,该模型能较好描述试验温度范围内温度与最大比生长速率、延滞期的线性关系,该模型可有效预测 0~20℃ 贮藏条件下鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌的生长。

关键词:鲜切草鱼脊肉块;热杀索丝菌;生长预测;模型

中图分类号: TS201.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)02-0206-03

草鱼属鲤形目鲤科雅罗鱼亚科草鱼属,别称鲢、草根、混子、黑青鱼等,为中国淡水养殖“四大家鱼”之一^[1]。随着水产品加工业的快速发展,将草鱼加工成鱼片、鱼段、鱼排等托盘包装产品销售已逐步成为重要的销售方式。随着草鱼死亡后生理活动的终止,其品质不断降低,其中一个重要原因是微生物的作用。研究发现,热杀索丝菌是导致鲜鱼腐败的主要微生物之一,因此对其生长活动进行监测和控制具有重要意义^[2]。目前对鱼产品中假单胞菌的生长预测模型研究较多^[3-5],而对引起鱼类腐败变质的热杀索丝菌生长预测的研究尚少见报道。本研究以鲜切草鱼脊肉块为试验对象,研究热杀索丝菌在 0~20℃ 条件下的生长情况,建立了一级、二级生长预测模型,以期为进一步研究货架期预测模型提供数据基础,为监控流通过程中草鱼品质变化提供依据。

收稿日期:2013-06-13

基金项目:国家“863”计划(编号:2012AA101703)。

作者简介:王亚楠(1989—),女,河南商丘人,硕士研究生,研究方向为食品科学与工程。E-mail:1061084389@qq.com。

通信作者:侯温甫,硕士,讲师,研究方向为水产品加工与贮藏。E-mail:745682588@qq.com。

小;随含水率的增加而增大。超声波在红枣中的传播速度在 330 m/s 以下,其红枣为一级果,传播速度在 330 m/s 至 345 m/s 之间红枣为二级果;传播速度在 345 m/s 至 361 m/s 为三级果。

参考文献:

- [1] Clark R L. An investigation of the acoustical properties of watermelon as related to maturity; ASAE Paper No. 75-6004 [R]. St. Joseph MI: ASAE, 1975.
- [2] 麻建国,周建军. 超声波技术在食品检测中的应用[J]. 食品与发酵工业,1998,24(5):54-60.
- [3] Sarkar N, Wolfe R R. Potential of ultrasonic measurements in food quality evaluation[J]. Trans of the ASAE, 1983, 26(2):624-629.
- [4] watts K C, Russell L T. A review of techniques for detecting hollow heart in potatoes[J]. Canadian Agric Engineering, 1985, 27(2):

1 材料与方法

1.1 材料

鲜活草鱼来源于湖北省武汉市洪湖。

STAA 琼脂及添加剂为青岛高科技园海博生物技术有限公司生产,氯化钠为国药集团化学试剂有限公司生产。

1.2 仪器设备

YP2002 型电子天平(上海菁海仪器有限公司),立式压力灭菌锅(上海博迅实业有限公司),HBM-400 系列样品均质器(天津市恒奥科技发展有限公司),SK-1 快速混合器(金坛市科析仪器有限公司),XH-C 漩涡混合器(金坛市医疗仪器厂),MIR-154 低温恒温培养箱(三洋电机国际贸易有限公司),DHG-9140A 电热鼓风干燥箱、恒温培养箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂),SW-CJ-2FD 型双人单面净化工作台(苏州净化设备有限公司)。

1.3 不同贮藏温度下热杀索丝菌生长规律试验

前处理:鲜活草鱼均重 1 300 g 左右,敲击头部将鱼击昏,剖开腹腔去除内脏,洗净,开片,去除鱼皮后,沿脊椎剖为两半,将脊肉切成约 2 cm 见方的块,托盘包装后置于不同温度下贮藏。以上操作均在清洁卫生条件下进行,所用器具均经消毒处理。

85-90.

- [5] Stone L M, Armstrong P R, Chen D D, et al. Peach firmness prediction by multiple location impulse testing[J]. Trans of the ASAE, 1998, 41:115-119.
- [7] Zhang X, Stone M L, Chen D, et al. Peach firmness determination by puncture resistance, drop impact, and sonic impulse[J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37(2):495-500.
- [8] Brusewitz M H, Mccollum T G. Internal variation in peach fruit firmness[J]. HortSci, 1992, 27(8):903-905.
- [9] 陈介余,宫里满. 利用声波响应特性检测农产品内部质量的研究:第 1 报[J]. 农业机械学会志,1993,55(3):65-72.
- [10] 丁英强. 超声波牛奶成份快速检测方法 & 仪器研究[D]. 天津:天津大学,2005.
- [11] 张 吟. 超声波禽畜骨密度检测系统设计[D]. 长沙:湖南大学,2007.

鲜切草鱼脊肉块贮藏温度为 0、5、10、15、20 ℃。贮藏过程中微生物指标检测参考国标方法及王宏勋等的研究方法进行^[6-8]。用已加入添加剂的选择性培养基 STAA 琼脂倾注平皿,30 ℃培养 48 h 后计数。为降低温度波动对样品的影响,尽可能无菌条件下较短时间内完成取样^[9]。

1.4 一级模型的拟合及验证

1.4.1 一级模型的拟合 在数据处理和统计分析领域,SAS (Statistics Analysis System) 系统拥有重要地位^[10]。越来越多的研究表明,Gompertz 模型能准确预测腐败微生物的生长^[11]。本研究用 Gompertz 模型拟合热杀索丝菌生长动态,模型表述为:

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

式中: $\lg(N_t)$ 是在时间 t 时微生物的对数值; N_0 是随时间无限减小小时渐进对数值,相当于初始菌数; C 是稳定期菌数与初始值菌数之差,是随时间无限增加时菌增量的对数值; B 是在时间 M 时的相对最大比生长速率; M 是达到相对最大生长速率所需时间。进一步计算出最大比生长速率、延滞期。

$$U = BC/e \quad (2)$$

$$LPD = M - (1/B) \quad (3)$$

式中: U 为最大比生长速率; e 为 2.718 2; LPD 为延滞期。

1.4.2 一级模型的验证 本研究用准确因子(accuracy factor, A_f)和偏差因子(bias factor, B_f)表明模型预测值与实测值的接近程度,并以此验证所建模型的准确性^[12]。准确因子是衡量模型准确度的标准之一,而偏差因子为衡量预测值和实测值平均变异的指标之一。准确因子值越大,表明预测效果越差,当准确因子值为 1 时预测效果最为理想^[13]。 A_f 、 B_f 的计算方程如式(4)和(5)所示。

$$A_f = 10^{\sum_{i=1}^n \lg(pred/obs)/n} \quad (4)$$

$$B_f = 10^{\sum_{i=1}^n \lg(obs/pred)/n} \quad (5)$$

式中: $pred$ 为菌落数预测值; obs 为菌落数实测值。

1.5 平方根模型拟合

二级模型主要表达初级模型的参数与单个或多个环境条件如温度、pH 值、水分活度等变量之间的函数关系。平方根模型因使用简单方便,参数单一,能够很好地预测单因素下微生物的生长情况,常被用于描述温度与微生物特定动力学参数之间的关系^[14-15]。应用平方根方程进行描述简单有效^[16],其方程式如下:

$$\sqrt{U} = b_U \times (T - T_{\min U}) \quad (6)$$

$$\sqrt{1/LPD} = b_L \times (T - T_{\min L}) \quad (7)$$

式中: b 是方程常数; T 是培养温度; $T_{\min U}$ 、 $T_{\min L}$ 分别是与 U 、 LPD 对应的目的菌最低生长温度,它是假设的概念,是指微生物没有代谢活动时的温度。将求得的 LPD 、 U 和对应的温度变量代入方程,拟合出 b_U 、 $T_{\min U}$ 、 b_L 、 $T_{\min L}$ 值。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度下热杀索丝菌的生长规律

由图 1 可以看出,温度对热杀索丝菌的生长速率有较大影响。贮藏温度越低,热杀索丝菌生长速度越慢;随着温度升高,热杀索丝菌生长速度明显加快。0 ℃条件下,第 1 天热杀索丝菌落数有所降低,可能是因为贮藏温度低于室温,需要一

定的适应期,之后基本稳步增长;5 ℃条件下,试验第 2 天前热杀索丝菌数量变化一直较为平缓,从第 2 天开始加快;10 ℃处理的初始菌落数高于 15 ℃处理,因此这 2 条生长曲线有交叉,且第 2 天 15 ℃处理菌落数开始超过 10 ℃处理;10 ℃条件下,初始的 12 h 生长平缓,之后基本稳步增长;15 ℃条件下热杀索丝菌生长曲线呈“S”型,在第 2.5 天基本达到最大值;20 ℃条件下,热杀索丝菌生长速度在初始的 12 h 急剧加快且较早达到稳定期,相对前 4 个温度处理来说,20 ℃比较适合热杀索丝菌生长。

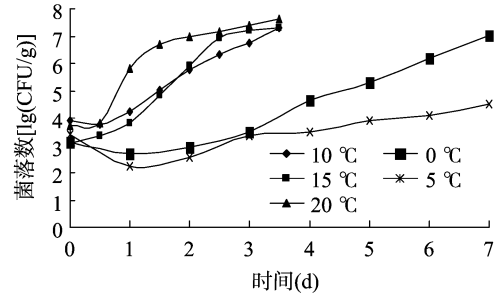


图1 不同温度下热杀索丝菌的生长曲线

2.2 热杀索丝菌生长动力学模型的拟合及验证

2.2.1 一级模型的拟合 从表 1 可见,热杀索丝菌生长动力学模型的回归系数 r^2 值均较高,随着温度升高 r^2 值基本逐渐增加,表明 Gompertz 模型预测效果较好。从表 2 可知,随着温度升高,稳定期的最大菌落对数值增加,稳定期最大菌数对数值与初始值的差值增大,最大比生长率显著升高,而延滞期急剧缩短。

表 1 热杀索丝菌生长动力学模型

温度 (°C)	热杀索丝菌生长动力学模型	r^2
0	$\lg(N_t) = 3.42 + 2.28\exp\{-\exp[-0.29(t-18.32)]\}$	0.989 9
5	$\lg(N_t) = 3.10 + 4.33\exp\{-\exp[-0.68(t-4.33)]\}$	0.994 3
10	$\lg(N_t) = 3.89 + 3.52\exp\{-\exp[-1.28(t-1.65)]\}$	0.995 9
15	$\lg(N_t) = 3.08 + 4.20\exp\{-\exp[-1.71(t-1.378)]\}$	0.995 9
20	$\lg(N_t) = 3.72 + 3.88\exp\{-\exp[-2.11(t-0.88)]\}$	0.996 9

2.2.2 一级模型的验证 用 A_f 、 B_f 来验证所建一级模型的准确性。 B_f 是衡量模型的重要参数,若其值为 0.70 ~ 1.15,则该预测模型可以被接受,反之则说明预测模型是失败的。由表 3 可知,模型的 A_f 值均在 1 左右, B_f 值均在 0.70 ~ 1.15,说明该预测模型可以有效地预测 0 ~ 20 ℃条件下草鱼脊肉块中热杀索丝菌的生长。

2.3 平方根模型的拟合

用平方根模型拟合温度对热杀索丝菌生长的影响。图 2、图 3 分别是用平方根模型拟合温度与最大比生长速率、延滞期的关系。温度与最大比生长速率的函数关系见方程(8),温度与延滞期的函数关系见方程(9)。

$$\sqrt{U} = 0.061\ 4(T + 10.148\ 2) \quad (8)$$

$$\sqrt{1/LPD} = 0.062\ 8(T + 4.721\ 3) \quad (9)$$

表 4 是模型方差分析结果,用 F 统计量来检验平方根模型的显著性。由图 2、图 3、表 4 可知,该方程能较好描述试验温度范围内温度与最大比生长速率、延滞期的关系。

表 2 热杀索丝菌生长动力学参数

温度 (℃)	N_0	C	B	M	U	LPD	N_{\max}
0	3.42 ± 0.12	2.28	$0.290\ 1 \pm 0.000\ 0$	$18.324\ 6 \pm 0.000\ 0$	0.242 8	14.877 5	4.51 ± 0.00
5	3.10 ± 0.04	4.33	$0.680\ 0 \pm 0.000\ 0$	$4.326\ 6 \pm 0.000\ 0$	1.084 1	2.766 0	7.04 ± 0.03
10	3.89 ± 0.05	3.52	$1.284\ 5 \pm 0.097\ 3$	$1.651\ 4 \pm 0.047\ 1$	1.664 9	0.872 9	7.29 ± 0.01
15	3.08 ± 0.02	4.20	$1.713\ 0 \pm 0.167\ 5$	$1.376\ 8 \pm 0.048\ 0$	2.645 4	0.793 0	7.28 ± 0.02
20	3.72 ± 0.03	3.88	$2.109\ 1 \pm 0.355\ 7$	$0.880\ 8 \pm 0.068\ 6$	3.012 7	0.067 0	7.61 ± 0.10

注: N_{\max} 为稳定期的最大菌数对数值。

表 3 生长预测模型的验证

温度(℃)	A_f	B_f
0	0.96	1.045 4
5	1.13	0.881 7
10	1.02	0.976 1
15	0.88	1.140 9
20	1.19	0.839 0

二级模型中温度与最大比生长速率、温度与延滞期的拟合回归系数均在 0.9 以上,温度与最大比生长速率、延滞期的线性关系良好。本研究建立的微生物生长预测模型可有效预测 0~20℃ 贮藏条件下鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌的生长动态,可为监控流通过程中鲜切草鱼的品质变化提供依据。

参考文献:

[1]赵 晨,卢 君,陈桂平,等. 草鱼冷藏过程中脂类的变化[J]. 食品与机械,2013,29(2):151-153,162.

[2]熊丹萍,刘超群,王宏勋. 冷鲜猪后腿肉丝中热杀索丝菌生长预测模型的初步研究[J]. 肉类工业,2012(12):18-21.

[3]许 钟,肖琳琳,杨宪时. 罗非鱼特定腐败菌生长动力学模型和货架期预测[J]. 水产学报,2005,29(4):540-546.

[4]李学英,杨宪时,郭全友. 鲤鱼假单胞菌生长动力学研究和货架期预测[J]. 食品与机械,2011,27(1):56-59,83.

[5]许 钟,杨宪时,郭全友,等. 波动温度下罗非鱼特定腐败菌生长动力学模型和货架期预测[J]. 微生物学报,2005,45(5):798-801.

[6]王宏勋,赵国娇,方兰兰. 鲜切莲藕中植物乳杆菌生长预测模型研究[J]. 中国酿造,2012,31(12):83-87.

[7]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.

[8]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.

[9]傅 鹏,李平兰,周 康,等. 冷却肉中假单胞菌温度预测模型的建立与验证[J]. 农业工程学报,2008,24(4):229-234.

[10]林 睿,王宏勋,陈振青,等. 裸装卤制全鸭中肠杆菌生长预测模型研究[J]. 食品科学,2012,33(15):188-190.

[11]傅 鹏. 冷却猪肉主要腐败微生物生长预测模型的建立[D]. 北京:中国农业大学,2006:1-52.

[12]Ross T. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology[J]. Journal of Application Bacteriology,1996,81(5):501-508.

[13]董庆利,高 翠,丁 甜,等. 不同试验条件下猪肉中气单胞菌生长预测模型的建立和验证[J]. 华南农业大学学报,2012,33(1):82-86.

[14]Davey K R. Applicability of the Davey (linear Arrhenius) predictive model to the lag phase of microbial growth[J]. Journal of Applied Microbiology,1991,70(3):253-257.

[15]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.

[16]Ratkowsky D A,Olley J,McMeekin T A,et al. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures[J]. Journal of Bacteriology,1982,149(1):1-5.

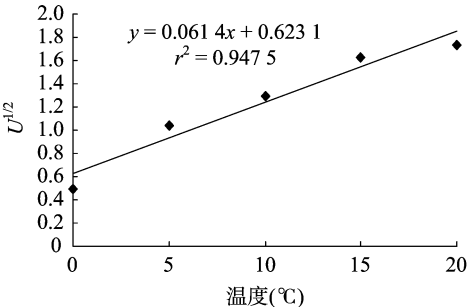


图2 温度与最大比生长速率的关系

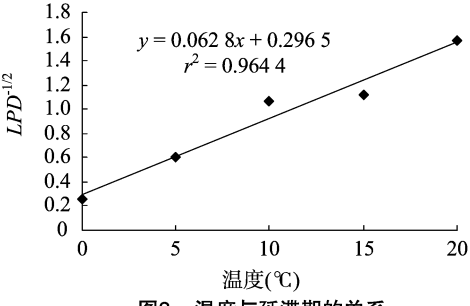


图3 温度与延滞期的关系

表 4 方差分析结果

模型	来源	自由度	平方和	均方差	F	P
温度与最大比生长速率模型	模型	1	0.943 17	0.943 17	54.14	0.005 2
	误差	3	0.052 26	0.017 42		
	总和	4	0.995 42			
温度与延滞期模型	模型	1	0.985 46	0.985 46	81.37	0.002 9
	误差	3	0.036 33	0.0121 1		
	总和	4	1.021 79			

3 结论

以鲜切草鱼脊肉块中热杀索丝菌为研究对象,建立了热杀索丝菌生长预测的一级、二级模型,并进行了验证。研究表明,温度对热杀索丝菌的生长速率有较大影响,随着贮藏温度升高,热杀索丝菌生长速率明显加快。所建一级模型中,各温度下热杀索丝菌生长动态方程的回归系数均在 0.9 以上,