

# 真空冷却鸡胸肉优势腐败菌生长模型的预测

莫凡<sup>1</sup>, 李玲<sup>2</sup>, 韩颖颖<sup>2</sup>, 刘宝林<sup>\*2</sup>

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093; 2. 上海理工大学 医疗器械与食品学院, 上海 200093)

**摘要:** 为探究真空冷却对鸡肉保质期的影响, 预测鸡胸肉内的微生物生长规律。对鸡胸肉进行了冷风冷却和真空冷却, 测量其在贮藏期间菌落总数变化, 证明真空冷却有助于延长鸡肉保质期。采用巢式 PCR-DGGE 结合传统测定微生物的方法研究了真空冷却后的鸡胸肉在 5 °C 冷藏期间, 鸡胸肉的表面菌相变化, 确定了假单胞菌为贮藏期间的优势腐败菌。并以菌落总数、优势腐败菌总数作为微生物指标, 以 TVB-N、pH 作为理化指标, 确定了冷鲜鸡胸肉中微生物的最小限量为 5.373 (lg(CFU/g))。通过将冷却的鸡胸肉置于 0~25 °C 不同的温度下, 建立了微生物生长的一级模型和二级模型, 并对其进行了验证和评价, 结果表明, 所建立的数学模型可以较好地预测优势腐败菌的生长趋势。

**关键词:** 真空冷却; 鸡胸肉; 假单胞菌; 动力学模型

中图分类号: TS251.5 文章编号: 1673-1689(2021)06-0086-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2021.06.011

## Kinetic Model Prediction of Predominant Spoilage Bacteria in Vacuum-Cooled Chicken Breast

MO Fan<sup>1</sup>, LI Ling<sup>2</sup>, HAN Yingying<sup>2</sup>, LIU Baolin<sup>\*2</sup>

(1. School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** This study was aimed to investigate the effect of vacuum cooling on the shelf life of chicken, and to predict the growth of microbial in chicken breast. The chicken breast was cooled by cold air and vacuum cooling, respectively. The total number of colonies during storage was measured. Vacuum cooling was beneficial for extending the shelf life of chicken. The method of Polymerase Chain Reaction-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (PCR-DGGE) was used to measure the bacterial floras' changes on the surface of vacuum-cooled chicken stored at 5 °C, ensuring *Pseudomonas* was the predominant bacteria. The maximum of dominant spoilage bacteria was 5.373 (lg(CFU/g)) during cold storage with the total number of colony and predominant spoilage bacteria as the microbial index and TVB-N and pH as the physical and chemical index. A primary model and a secondary model of microbial growth were established by placing chilled chicken breast at different temperatures from 0 °C to 25 °C, and the model was validated and evaluated. The results showed that the established mathematical model could better predict the growth trend of predominant spoilage bacteria.

**Keywords:** vacuum cooling, chicken breast, *Pseudomonas*, kinetic model

收稿日期: 2020-06-26

\* 通信作者: 刘宝林(1968—), 男, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品冷冻冷藏、低温生物医学工程、生物样本的低温保存及冷冻干燥方向研究。E-mail: bliuk@163.com

鸡胸肉是世界上仅次于猪肉的第二大肉品<sup>[1]</sup>。具有高蛋白、低脂肪、低热量和低胆固醇的优点<sup>[2]</sup>,受到很多减肥人士青睐。常温下,刚屠宰的鸡胸肉内部的微生物会快速繁殖,使其腐败,故及时的降温处理十分必要。冷鲜鸡胸肉是指将宰杀后的鸡胴体经过冷却处理后,其胴体的温度在短时间内降至0~4℃范围内,并在后续加工、流通以及出售阶段一直维持此温度范围的生鲜肉<sup>[3]</sup>。在美国、法国等发达国家,冷鲜肉在肉类消费中占比很大<sup>[4]</sup>。冷却方法主要有风冷、水冷、碎冰和真空冷却。目前,我国对肉多采用风冷、水冷等方式,可这类传统方法费时费力,且不能保证鸡胸肉的卫生,易增加细菌的繁殖机会<sup>[5]</sup>。真空冷却是一种有别于传统冷却的迅速冷却法,具有速度快、均匀性较好、较卫生等优点。马志英等曾在熟肉制品研究中发现,真空冷却比自然冷却速度快了20倍以上,比鼓风冷却快了大约12倍<sup>[6]</sup>。在冷却后的鸡胸肉贮藏期间,优势腐败菌的增长与其肉类品质有很大关联性。因此研究优势腐败菌的生长模型非常重要。而传统的食品微生物学抽样检查法费时费力,结果滞后。预测微生物学可以通过鸡胸肉中优势腐败菌的生长模型,准确地判断鸡胸肉的变质情况,具有重要的实际意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 鸡胸肉在冷藏期间的菌量、菌种测定

**1.1.1 材料与设备** 材料1:新鲜鸡胸肉及已被冷风冷却至5℃的鸡胸肉(上海圣华副食品有限公司产品),新鲜鸡胸肉买回后用真空冷却机快速冷却至中心为5℃,冷风冷却和真空冷却的鸡胸肉均切成6组(每组10g),放入无菌托盘,置于5℃冰箱贮藏。

材料2:新鲜鸡胸肉500g,真空冷却至中心为5℃。将其切成10g的小块,放置无菌托盘上,用PE保鲜膜封口。分别保存在0、5、10、15、20、25℃,分别间隔4、6、8、12、24、48h测定假单胞菌的菌落数量。

营养琼脂、营养肉汤、NaCl(分析纯)、无水乙醇:购自上海沃凯化学试剂有限公司;27F、1492R、E517F、E1063R、琼脂糖、EB染液、Loading Buffer、dNTP、Taq plus DNA Polymerase、Maker:购自生物工程上海股份有限公司;实验采用超纯水。

真空冷却机:上海理工大学自制;VD-850型超

净工作台、THZ-103B摇床、RM1305069全自动高压灭菌锅、SCIENTZ-09无菌均质器:上海一恒科技有限公司产品;BIO-RAD电泳仪:北京六一生物科技有限公司产品;BCD-192KTJ(X)冰箱:青岛海尔有限公司产品;LHS-50恒温培养箱:上海精学科学仪器产品;TC1000-G PCR仪:Gene Company Limited基因有限公司产品。

**1.1.2 实验方法** 微生物培养技术<sup>[7]</sup>获得鸡胸肉表面的微生物;菌落巢式PCR-DGGE技术<sup>[8]</sup>分析微生物种类;当菌落总数、pH、TVB-N值中至少一个超过国标,所对应的值为假单胞菌的最小限量。

**1.1.3 菌落总数测定** 参照GB 4789.2—2016《食品卫生微生物学检验:菌落总数测定》<sup>[9]</sup>测定,重复3次。

假单胞菌菌落总数的测定:通过CFC假单胞菌选择性培养基结合GB 4789.2—2016《食品卫生微生物学检验:菌落总数测定》<sup>[9]</sup>测定,重复3次。

**1.1.4 巢式PCR扩增和序列测序** 采用巢式PCR的方法,使用细菌16S rDNA(通用引物),第一对引物采用27F(5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3')、1492R(5'-TACGGYTACCTTGTACGACTT-3'),巢式引物采用E517F(5'-GCCAGCAGCCGCGTAA-3')、E1063R(5'-CTCACGRCACGAGCTGACG-3')进行扩增,PCR反应后的原液放在5℃冰箱中测序备用。

北京六合华大基因科技股份有限公司完成PCR原液的测序,测序后的拼接结果在NCBI上进行BLAST相似序列检索比对(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)。

**1.1.5 pH值的测定** 参照Arashisar等<sup>[10]</sup>的方法。称取10g鸡胸肉放于无菌均质袋中,加入90mL的蒸馏水,用均质器拍打1min,静置约30min后过滤,取50mL的上层滤液用pH计测鸡胸肉的pH。

**1.1.6 挥发性氨基氮(TVB-N)值的测定** 取10g对应的鸡胸肉,绞碎搅匀后分别置于不同的锥形瓶中,加入蒸馏水100mL,振荡摇匀,浸泡30min后过滤,滤液放置冰箱中备用。参照GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》<sup>[11]</sup>测定,并且每种样品重复3次。

## 1.2 假单胞菌生长动力学模型的建立及拟合

**1.2.1 真空冷却鸡胸肉中假单胞菌的生长动力学模型(一级模型)** 一级模型采用经验修正的Gompertz模型<sup>[12-14]</sup>描述微生物数量与时间的关系,

Gompertz 模型方程式如下:

$$N(t) = N_0 + (N_{\max} - N_0) \times \exp^{-\exp^{-\mu_{\max}(t-M)}} \quad (1)$$

式中:  $N(t)$  为微生物在时间  $t$  时的对数值,  $(\lg(\text{CFU/g}))$ ;  $N_0$ 、 $N_{\max}$  为细胞浓度的初始值和最大值;  $\mu_{\max}$  为时间  $t=M$  时的相对生长速率,  $\text{h}^{-1}$ ;  $M$  为达到相对最大生长速率所需要的时间,  $\text{h}$ 。

**1.2.2 二级模型的建立与验证** 二级模型采用平方根模型, 可以很好地预测出温度对假单胞菌最大比生长速率以及延滞期的影响<sup>[15]</sup>, 常被用来描述温度对假单胞菌生长状况的影响<sup>[16]</sup>, 公式如下:

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b_{\mu}(T - T_{\min\mu}) \quad (2)$$

$$\sqrt{1-\lambda} = b_{\lambda}(T - T_{\min\lambda}) \quad (3)$$

式中:  $b$  为系数;  $\mu$  为生长速率;  $\lambda$  为延滞期;  $T_{\min}$  为微生物的理论最低生长温度,  $^{\circ}\text{C}$ ; 此时最大比生长速率为 0。

偏差度 (bias factor,  $B_f$ ) 和准确度 (accuracy factor,  $A_f$ ) 通常被用来评价模型的准确性<sup>[17-18]</sup>。当偏差度在 0.75~1.25, 准确度在 1.1~1.9<sup>[19]</sup>时, 一般认为这种模型可以被接受。

$$B_f = 10 \frac{\sum \lg(N_i/N_0)}{n} \quad (4)$$

表 1 不同冷却方式的鸡胸肉在不同贮藏时间内表面菌落总数变化

Table 1 Changes of total number of colony on the surface of chicken breast prepared with different cooling methods during different storage time

分类	菌落总数对数/ $(\lg(\text{CFU/g}))$						
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d
冷风	4.190±0.067	4.314±0.024	5.051±0.021	5.254±0.204	6.396±0.081	6.426±0.081	6.659±0.079
真空	3.799±0.041	4.081±0.136	4.610±0.124	5.510±0.147	5.905±0.203	6.330±0.132	6.486±0.171

**2.1.2 菌种分析** 基于 PCR 扩增产物的测序结果, 分析冷风冷却和真空冷却鸡胸肉在不同冷藏期间内每种菌所占总菌数的百分比, 结果见表 2。经 1~5 d 贮存的两种鸡胸肉, 通过表型(颜色、菌落)等观察, 可以分为 8 类不同的菌种。其中, 贮藏后期假单胞菌所占的比例最大, 对其与相应理化指标做线性分

$$A_f = 10 \frac{\sum \lg|N_i/N_0|}{n} \quad (5)$$

析(见表 3), 可以看出, 假单胞菌与各项指标都有较好的相关性, 即假单胞菌是影响鸡胸肉的重要指标, 且之前<sup>[22-24]</sup>的研究证明, 假单胞菌是引起肉类变质的主要因素, 即假单胞菌是鸡胸肉腐败的优势微生物。

## 2 结果与分析

### 2.1 菌相变化和菌种分析

**2.1.1 不同冷却方式下菌落总数随冷藏时间的变化** 我国对冷鲜肉的新鲜度无明确的标准, 通常将菌落总数作为评价指标<sup>[20]</sup>。由表 1 知, 在贮藏期间, 真空冷却的鸡胸肉菌落总数明显少于冷风冷却, 其中仅在第 3 天略高于冷风冷却。主要有两个原因, 一是真空冷却过程中氧气分压降低, 抑制严格需氧型微生物的生长和繁殖, 如假单胞菌; 二是真空冷却能杀死部分微生物如球菌和杆菌<sup>[21]</sup>。但是, 两者菌落总数都随贮藏时间的延长呈上升趋势。参考相关研究<sup>[20]</sup>, 冷鲜肉中细菌菌落总数应该低于 6 ( $\lg(\text{CFU/g})$ )。冷风冷却的鸡胸肉在 5  $^{\circ}\text{C}$  条件下, 前 3 d 可以维持较好的品质, 而真空冷却的鸡胸肉在 5 d 以内都可以维持较好的品质。这为真空冷却延长冷鲜鸡胸肉的保质期提供了依据。

表 2 不同冷却方式的鸡胸肉在贮藏期间表面优势菌组成比例

Table 2 Proportion of dominant bacteria on the surface of chicken breast meat with different cooling methods during storage

菌种	菌落数量占比/%											
	0 d		1 d		2 d		3 d		4 d		5 d	
	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风
假单胞菌	10.3	18.7	16.8	20.5	75.1	89.2	89.5	90.4	91.8	93.6	95.4	98.6
肠杆菌	32.6	20.0	26.5	14.1	6.7	2.5	2.1	1.2	3.8	2.4	4.6	—
气单胞菌	23.0	27.4	34.2	46.0	5.2	6.1	2.8	3.2	2.2	2.8	—	1.4

续表 2

菌种	菌落数量占比/%											
	0		1		2		3		4		5	
	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风	真空	冷风
不动杆菌	19.0	17.6	12.0	9.0	7.2	2.0	5.6	5.2	—	—	—	—
芽孢杆菌	14.0	16.0	10.5	10.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—
嗜冷杆菌	—	—	—	—	4.0	0.2	—	—	2.2	—	—	—
希瓦氏菌	1.1	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
嗜木糖菌	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3 鸡胸肉贮藏期间各项指标的皮尔逊相关系数

Table 3 Pearson product-moment correlation coefficient of various indicators during chicken breasts storage

测定指标	菌落总数	假单胞菌	pH	TVB-N 值
菌落总数	1.000 0	0.978 1**	-0.956 7**	0.922 1**
假单胞菌		1.000 0	-0.961 2**	0.924 3**
pH			1.000 0	-0.900 0**
TVB-N				1.000 0

注:\*\*表示 0.01 水平显著相关;\*表示 0.05 水平显著相关。

## 2.2 假单胞菌最小限量的确定

5℃贮藏期间真空冷却的鸡胸肉中微生物数量及其理化指标的变化见表 1、表 4。微生物的数量在第 5 天的时候变化较明显,由第 4 天的 5.905 (lg(CFU/g)) 增加到 6.330 (lg(CFU/g)),超过 6 (lg(CFU/g))。理化指标也发生了相应变化,TVB-N 值从第 3 天的 14.679 mg/hg 增加到了 23.300 mg/hg。结合假单胞菌数、TVB-N 值、pH,参考国家标准<sup>[25]</sup>(TVB-N 值 < 15 mg/hg),真空冷却鸡胸肉中假单胞菌的最小限量是 5.373 (lg(CFU/g))。

表 4 真空冷却鸡胸肉的理化指标变化

Table 4 Changes of indexes of vacuum-cooled chicken breast

测定指标	冷藏时间/d						
	0	1	2	3	4	5	6
假单胞菌总数对数 / (lg(CFU/g))	3.124±0.065	4.000±0.066	4.105±0.089	5.373±0.224	5.600±0.010	5.903±0.045	6.292±0.140
TVB-N/(mg/hg)	6.339±0.242	12.303±0.100	12.499±1.377	14.679±0.927	23.300±1.252	33.869±0.351	34.386±0.145
pH	6.464±0.133	6.123±0.098	6.519±0.081	6.576±0.165	6.743±0.078	6.893±0.133	7.011±0.129

注:表中数据为平均值±标准差。

## 2.3 模型拟合

**2.3.1 一级模型的拟合** 实验分别记录 0、5、10、15、20、25℃贮藏期间鸡胸肉的假单胞菌总数,用 Origin 对鸡胸肉中的假单胞菌生长动力学模型(一级模型)方程拟合生长曲线见图 1,模型方程见表 5,动力学参数见表 6。

**2.3.2 温度对真空冷却鸡胸肉中假单胞菌生长参数的影响** 图 2、图 3 是用平方根模型描述的真空冷却鸡胸肉中温度与假单胞菌最大比生长速率、延滞期之间关系的模型。

$$\sqrt{\mu_{\max}} = 0.015 0 \times (T + 10.360) (R^2 = 0.979 56)$$

$$\sqrt{1/\lambda} = 0.182 70 \times (T + 5.373 0) (R^2 = 0.980 78)$$

结果显示,在 0~25℃时,温度与假单胞菌的最大比生长速率以及延滞期有较好的线性关系。

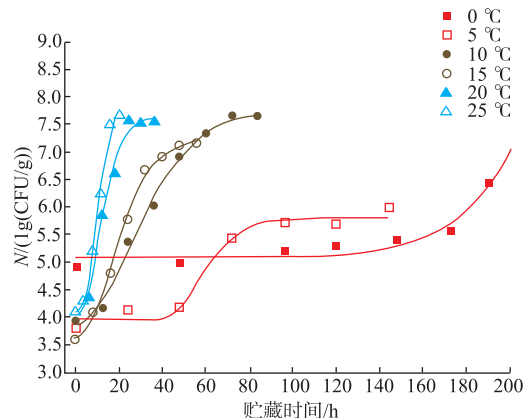


图 1 不同温度下真空冷却鸡胸肉中假单胞菌的生长拟合曲线

Fig. 1 Growth data curves of *Pseudomonas* on vacuum-cooled chicken stored at different temperature

表 5 真空冷却鸡胸肉在不同温度下假单胞菌的生长动力学模型

Table 5 Kinetic models for bacteria in chicken breast chilled by vacuum at different temperature

温度/°C	$N_0$ /(lg(CFU/g))	$N_{max}$ /(lg(CFU/g))	$\mu_{max}/h^{-1}$	$\lambda/h$	$R^2$
0	4.692 0	9.604 0	0.021 5	116.000 0	0.971 2
5	3.834 0	5.715 5	0.064 0	44.096 0	0.985 0
10	3.701 0	7.631 0	0.088 6	9.388 5	0.995 4
15	3.557 0	7.117 1	0.124 7	6.630 8	0.994 4
20	3.995 0	7.325 3	0.215 1	4.800 0	0.994 9
25	3.757 9	8.363 5	0.281 1	3.342 6	0.992 6

表 6 不同温度冷藏鸡胸肉时假单胞菌的生长动力学参数

Table 6 Kinetic parameters of *Pseudomonas* on vacuum-cooled chicken stored at different temperature

冷藏温度/°C	假单胞菌的生长动力模型	$R^2$
0	$N(t)=4.692\ 30+4.911\ 65\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.119\ 19\times(106.579\ 02-t)+1]\}$	0.980 2
5	$N(t)=3.833\ 89+1.881\ 62\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.091\ 88\times(44.096\ 13-t)+1]\}$	0.970 0
10	$N(t)=3.701\ 41+3.929\ 63\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.061\ 40\times(9.388\ 44-t)+1]\}$	0.988 7
15	$N(t)=3.556\ 89+3.560\ 00\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.095\ 22\times(6.630\ 75-t)+1]\}$	0.988 9
20	$N(t)=3.995\ 00+3.330\ 31\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.175\ 54\times(4.796\ 40-t)+1]\}$	0.970 0
25	$N(t)=3.757\ 90+4.605\ 61\times\text{Exp}\{-\text{Exp}[0.165\ 90\times(3.426\ 30-t)+1]\}$	0.981 9

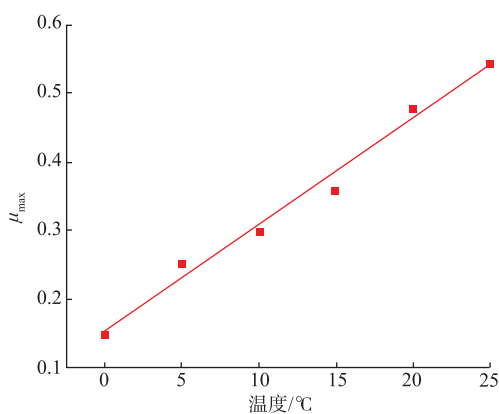


图 2 温度与最大比生长速率的关系

Fig. 2 Relationship between temperature and the maximum specific growth rate

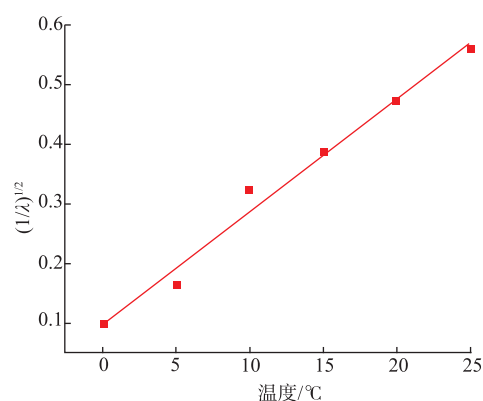


图 3 温度与延滞期的关系

Fig. 3 Relationship between temperature and lag phase

**2.3.3 真空冷却鸡胸肉中假单胞菌生长模型的验证、评价** 根据鸡胸肉在 10、15 °C 下假单胞菌总数的实际值和预测值 (见图 4), 通过计算得出的偏差度和准确度见表 7。在这两个温度下, 平方根模型偏

差度和准确度分别为 0.75~25 和 1.1~1.9, 由上述可知, 1.2.2 中的模型可被接受。且由图 4 可知, 假单胞菌总数的实际值与生长模型拟合度较好, 因此, 该模型可以被用来预测微生物的生长趋势。

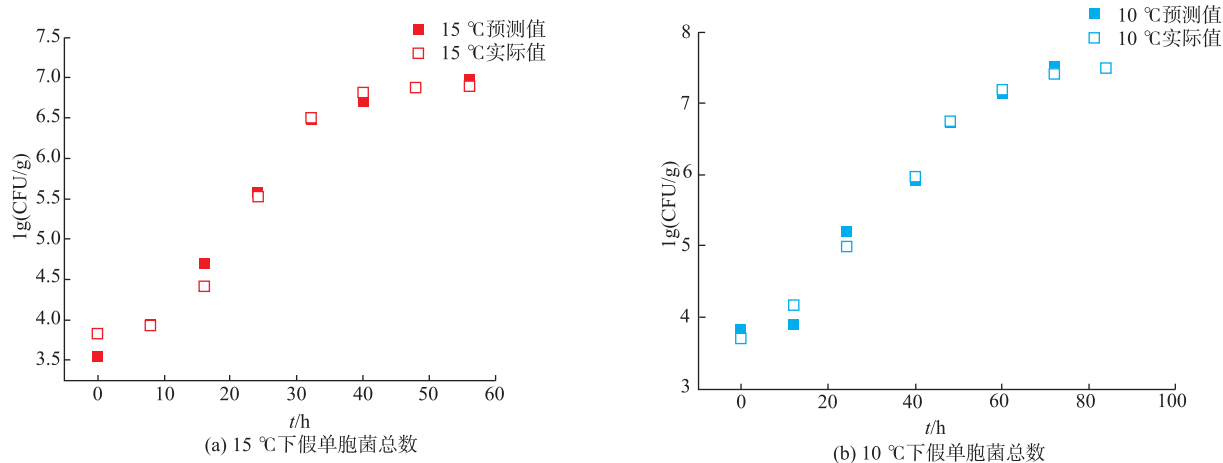


图4 假单胞菌总数实际值与预测值

Fig. 4 Sketch map of the total number of *Pseudomonas* measured and simulated

表7 真空冷却鸡胸肉在10、15 °C冷藏期间微生物数量实际值与预测值的偏差度和准确度

Table 7 Bias and accuracy of actual and predicted value of microorganism quantity in vacuum-cooled chicken breast meat stored at 10 °C and 15 °C

温度/°C	实验次数/n	偏差度	准确度
10	5	0.999 985 00	1.237 685 00
15	5	0.999 971 220	1.102 500 00

### 3 结语

目前,微生物是导致肉类产品腐败的主要原因

因,找到其腐败期间的优势菌种并利用模型合理预测其在冷藏期间的生长趋势很有研究价值,可以较好地避免肉类变质而浪费的现象。本文中证明了与冷风冷却相比,真空冷却可以延长鸡肉的保质期。但是真空冷却的原理是利用水分的蒸发来吸收热量,故会引起鸡胸肉的干耗。但陈椒等<sup>[26]</sup>表明喷淋水分可以较好地解决这个问题,具体的实施方案还需谨慎设计。假单胞菌是鸡胸肉在贮藏期间的优势腐败菌,因此抑制假单胞菌生长繁殖是延长鸡胸肉保质期的方法之一,还可以计算鸡胸肉中腐败菌到达最小限量的时间来确定其保质期。

### 参考文献:

[1] 廖洪波,马海霞,尚勇彪,等. 大力发展鸡肉制品工业[J]. 肉类工业,2003(12):44-47.

[2] 范碧琴,刘少伟,周士琪,等. 不同冻藏条件对鸡胸肉品质特性的影响[J]. 食品工业科技,2018,39(15):291-297.

[3] 崔丽萍. 冷鲜肉的现状及对冷鲜肉的监管[J]. 中国动物检疫,2012,29(4):27-28.

[4] 夏翔. 基于物联网技术的冷链物流管理研究——以冷鲜肉为例[D]. 济南:山东建筑大学,2015.

[5] 曹玲,张坤生,任云霞. 冷却方式对熟制鸡肉丸品质的影响[J]. 食品工业,2015,36(3):78-82.

[6] 马志英. 真空冷却技术在熟肉制品工业化生产中的应用研究[J]. 食品科学,2003,24(10):110-113.

[7] 段鸿斌,王文静,乔新荣,等. 食品微生物检验技术[M]. 重庆:重庆大学出版社,2015:120-144.

[8] 程少波,杨焱,郭敏瑞,等. 基于PCR-DGGE技术对库尔勒香梨“黑头病”病变组织生物群落的初步研究[J]. 食品与生物技术学报,2019,38(2):44-49.

[9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 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[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[10] ARASHISAR S,HISAR O,KAYA M,et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. *International Journal of Food Microbiology*,2004,97(2):209-214.

[11] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 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,2003.

- [12] MCCLURE P J, BEAUMONT A L, SUTHERLAND J P, et al. Predictive modelling of growth of *Listeria monocytogenes*. The effects on growth of NaCl, pH, storage temperature and NaNO<sub>2</sub>[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1997, 34(3): 221-232.
- [13] HUANG L. Growth kinetics of *Listeria monocytogenes* in broth and beef frankfurters—determination of lag phase duration and exponential growth rate under isothermal conditions[J]. **Journal of Food Science**, 2008, 73(5): 235-242.
- [14] 李飞燕, 张一敏, 王秀江, 等. 贮藏过程中冷却牛肉微生物模型的建立[J]. **食品与发酵工业**, 2011, 37(7): 220-224.
- [15] GRIJSPEERDT K, REU K D. Practical application of dynamic temperature profiles to estimate the parameters of the square root model[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2005, 101(1): 83-92.
- [16] RATKOWSKY D A, OLLEY J, MCMEEKIN T A. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures[J]. **Journal of Bacteriology**, 1982, 149(1): 1-5.
- [17] ROSS T. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology[J]. **Journal of Applied Microbiology**, 1996, 81(5): 501-508.
- [18] NEUMEYER K, ROSS T, MCMEEKIN T A. Development of a predictive model to describe the effects of temperature and water activity on the growth of spoilage *Pseudomonads*[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1997, 38(1): 45-54.
- [19] 李敏, 李耘, 韩北忠. 金华火腿中杂色曲霉的生长预测模型[J]. **食品与发酵工业**, 2005, 31(11): 56-59.
- [20] 吴洁方. 茶多酚及大蒜素在涂膜保鲜中对冷却猪肉的品质影响研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
- [21] HE S Y, ZHANG G C, YU Y Q, et al. Effects of vacuum cooling on the enzymatic antioxidant system of cherry and inhibition of surface-borne pathogens[J]. **International Journal of Refrigeration**, 2013, 36(8): 2387-2394.
- [22] 李苗云, 张建威, 樊静, 等. 生鲜鸡肉货架期预测模型的建立与评价[J]. **食品科学**, 2012, 33(23): 60-63.
- [23] GILL C O, NEWTON K G. The development of aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperatures[J]. **The Journal of Applied Bacteriology**, 1977, 43(2): 189-195.
- [24] 张莉, 尹德凤, 张大文, 等. 不同贮藏条件下鸡胸肉特征腐败菌分析[J]. **食品与机械**, 2019, 35(12): 113-118.
- [25] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB2707-2016 食品安全国家标准鲜(冻)畜、禽产品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [26] 陈椒, 张青, 徐世琼, 等. 鲜肉真空冷却保鲜工艺的研究[J]. **保鲜与加工**, 2001, 1(5): 9-11.

## 科技信息

### 欧盟评估一种三酰甘油脂肪酶的安全性

2021年4月29日,欧盟食品安全局就一种食品酶三酰甘油脂肪酶(triacylglycerol lipase)的安全性评价发布意见。

据了解,这种食品酶是由转基因 *Aspergillus luchuensis* strain FL100SC 生产的,旨在用于通过酯交换生产改性脂肪和油的过程中。

经过评估,专家小组认为,在预期的使用条件下,不能排除通过饮食接触引起的过敏性致敏和诱发反应的风险,但这种情况发生的可能性很低。

[信息来源]食品伙伴网.欧盟评估一种三酰甘油脂肪酶的安全性[EB/OL].(2021-5-7). <http://news.foodmate.net/2021/05/592574.html>