

鱼糜食品常温包装技术

余立^{1,2}, 朱东红¹, 张帆¹

(1.福州大学至诚学院, 福州 201705; 2.食品软塑包装技术福建省高校工程研究中心, 福州 201705)

摘要: **目的** 设计一种鱼糜食品(福州鳗鱼丸)的常温包装技术,探究其在常温环境下品质变化与货架期的关系,从而判断其是否可替代低温贮藏技术来满足电商快递的要求。**方法** 通过正交实验法复配一种由壳聚糖、丙酸钙与茶多酚组成的抑菌剂,涂布于 PA/PE 膜内层并制袋。通过微波干燥法降低鱼丸水分含量与初始菌落总数,然后采用真空包装常温贮藏。检测常温贮藏下鱼丸的挥发性盐基氮,并以此为依据建立常温状态下的货架期模型。同时检测相同条件下鱼丸的菌落总数,以验证该货架期模型的准确性及该包装技术的可行性。**结果** 抗菌剂配方采用质量分数为 3%的壳聚糖,0.15%的丙酸钙,0.3%的茶多酚,微波功率 400 W,微波时间 2 min,可取得较好效果,且常温环境下货架期预测模型较为准确。**结论** 该常温包装技术的货架期在 10 d 以上,可以满足常温环境下鱼丸通过电商快递 3~5 d 送达的要求。**关键词:** 鱼糜食品; 常温包装; 货架期

中图分类号: TB489; TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)19-0104-06

Normal Temperature Packaging Technology of Surimi Foods

YU Li^{1,2}, ZHU Dong-hong¹, ZHANG Fan¹

(1.Fuzhou University Zhicheng College, Fuzhou 201705, China; 2.Fujian Universities and Colleges Engineering Research Center of Soft Plastic Packaging Technology for Food, Fuzhou 201705, China)

ABSTRACT: The work aims to design a normal temperature packaging technology for surimi foods (Fuzhou Eel Ball) to investigate the relationship between quality changes and shelf life in normal temperature environment and thus determine whether it can replace the low-temperature storage technology to meet the requirements of the E-commerce courier. First of all, a kind of bacteriostatic agent composed of chitosan, calcium propionate and tea polyphenol was synthesized by orthogonal experiment and coated in the inner layer of PA/PE film for bag making. Secondly, the fish ball moisture content and total initial bacterial count were reduced by microwave drying method, and then the vacuum package was used for normal temperature storage. Finally, fish ball TVB-N was detected under normal temperature storage, and based on the TVB-N, a shelf life model at normal temperature was established. Meanwhile, the total bacterial count of fish ball under the same conditions was detected, so as to verify the accuracy of such shelf life model and the feasibility of such packaging technology. The antibacterial agent formula could obtain good effects with 3% chitosan, 0.15% calcium propionate, 0.3% tea polyphenol, 400 W microwave power and 2 min microwave time. It was proved that the shelf life model was more accurate at room temperature. The shelf life of the normal temperature packaging technology is more than 10 days, and it can meet the requirement that the fish ball can be delivered in 3 to 5 days by the E-commerce courier in the normal temperature environment.

KEY WORDS: surimi foods; normal temperature packaging; shelf life

鱼糜食品(鱼丸)的腐败变质大都由微生物大量繁殖所引起。据吕凯波等^[1]的研究发现,新制鱼丸中微生物以革兰氏阳性菌(大肠埃希氏菌)为主,-1℃

存储 30 d 后,微生物以革兰氏阴性菌(假单胞菌)为主,常规包装则以革兰氏阳性菌(葡萄球菌)为主。目前鱼丸的保鲜方法主要采取低温贮藏(-18℃以

收稿日期: 2017-05-20

基金项目: 福建省教育厅产学研基金(JAT160653); 食品软塑包装技术福建省高校工程研究中心基金

作者简介: 余立(1983—),男,福州大学至诚学院讲师,主要研究方向为包装材料。

下), 暂时未见鱼糜制品的常温 (15~45 °C) 保鲜包装技术的研究。随着电子商务的兴起, 涌现出大量通过电商平台销售本地手工鱼丸的商户。电商渠道主要采用 EPS 泡沫箱加蓄冷剂保温的方式进行快递投送, 但该方式很难长时间维持低温, 且很难保证短时间内送达, 通常超过 2 d 鱼丸就会腐败变质。

鱼糜类食品中微生物的繁殖主要与贮藏温度、食品水分活度、包装材料、初始菌落总数等因素有关^[2]。这里主要针对福州鳗鱼丸来研制一种安全无毒的抗菌液, 涂布于 PA/PE 膜内侧 (50 mL/cm²), 同时辅以降低鱼丸水分含量与初始菌落总数的栅栏保鲜技术, 延长鱼丸在常温下的货架期, 并建立常温包装技术的货架期模型。

1 实验

1.1 材料与设备

主要材料: 壳聚糖, BR, 脱乙酰度为 80.0~95.0, 国药集团化学试剂有限公司; 丙酸钙, AR, CAS 4075-81-4, 上海麦克林生化科技有限公司; 茶多酚, 上海梦荷生物科技有限公司; 新鲜手工墨鱼鱼丸, 市场购得; PE/PA 真空包装袋, 台州市名科塑业有限公司; 乙酸(冰醋酸), AR, CH₃COOH 质量分数≥99.5, 乙醇(无水乙醇), AR, CH₃CH₂OH 质量分数≥99.7%, 三水合亚甲蓝(次甲基蓝), C₁₆H₁₈ClN₃S·3H₂O 质量分数≥98.5%, 西陇科学股份有限公司; 营养琼脂, 广东环凯微生物科技有限公司; 大肠杆菌、假单胞菌、金黄色葡萄球菌, 上海鲁微科技有限公司; 生理盐水, NaCl 质量分数≥90%, 福州海王福药制药有限公司; 氧化镁, AR, MgO 质量分数≥98.0%, 甲基红, 西陇化工股份有限公司; 硼酸, AR, H₃BO₃ 质量分数≥99.5%, 广东光华科技股份有限公司。主要设备: 电子天平 (DC-1202B), 南京苏测计量仪器有限公司; 牛津杯, 内径 6 mm, 外径 7.8 mm, 高 10 mm, 上海电化学耗材中心; 力辰科技移液器 (20~200 μL), 卤素水分快速测试仪, 力辰科技有限公司; DZ-260 台式真空包装机, 温州市瑞利包装机械有限公司; 电热恒温培养箱 (HN-25S), 邦西仪器科技(上海)有限公司; 1765 马氏蒸馏器、凯氏定氮蒸馏器, 天津市旭立仪器有限公司; 微量滴定管, 最小分度为 0.01 mL; 洁净工作台。

1.2 方法

首先利用单因素分析, 找出 3 种抗菌剂的最佳抗菌浓度, 采用正交实验法复配出最佳配比的抗菌液 (溶剂为体积分数为 1% 的乙酸溶液), 涂布于 PA/PE 膜内侧 (50 mL/cm²), 通过直接与鱼丸接触起到抑菌作用^[3]。然后采取微波干燥的方式控制鱼糜制品中的

水分含量以降低鱼丸水分活性及初始菌落总数。

1) 最低抑菌浓度测试。以在鱼糜制品中检出的主要腐败菌——大肠杆菌、假单胞菌与金黄色葡萄球菌为研究对象, 采用二倍稀释法^[4], 分别测定 3 种抗菌剂的最低抗菌浓度。取 8 支已灭菌的试管并编号, 分别加入 1 mL 营养肉汤, 向第 1 支试管中加入 1 mL 质量分数为 10% 的抗菌液并摇匀, 再从第 1 支试管中移取 1 mL 混合液至第 2 只试管并摇匀, 依次重复操作直到第 6 支试管, 从第 6 支试管中移取 1 mL 混合液弃置, 然后向 7 支试管中添加 1 mL 菌悬液, 第 7 支管作为细菌生长对照试验, 第 8 支管加入 1 mL 抗菌液, 取出 1 mL 弃置, 作为抑菌对照。放入培养箱 38 °C 培养 24 h, 观察结果。试管澄清者为抑菌剂最低抑菌浓度 (MIC)。

2) 复合抗菌液配方测定。通过所获 3 种抗菌剂的最低抑菌浓度, 采用正交实验法^[5], 以牛津杯法^[6]所测抗菌液抗菌圈直径反映抑菌效果。乙酸溶液作为抗菌剂溶剂, 涂布于 PA/PE 膜后迅速挥发 (牛津杯中的乙酸同样会迅速挥发), 抗菌膜中的乙酸含量极少, 可忽略不计, 因此在正交试验中没有设计乙酸的因素。配方水平见表 1。

表 1 抗菌剂正交试验
Tab.1 Orthogonal test of antibacterial agent

水平	因素 (质量分数) /%		
	壳聚糖 (A)	丙酸钙 (B)	茶多酚 (C)
1	1.25	0.075	0.075
2	2.5	0.15	0.15
3	5	0.3	0.3

3) 水分含量测定。鱼糜用 400 W 微波功率分别干燥 60, 90, 120, 150 s, 然后用卤素水分快速测试仪测定水分含量 (同时检测初始菌落总数以及观察鱼糜品质)。

4) 挥发性盐基氮 (TVB-N 值) 测定。取 90 粒鱼丸分成 9 组, 每组 10 袋, 每袋 1 粒 (用抑菌膜包裹后放于 PA/PE 真空收缩包装), 分别置于 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 °C 下贮藏, 每隔 1 d 开封, 按照水产行业 SC/T 3032—2007 检测鱼丸的 TVB-N 值^[7], 并根据 TVB-N 值, 利用一级反应方程建立该常温包装工艺的货架期模型。

5) 菌落总数检测。按照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定方法》^[8], 检测经微波后的初始菌落总数与包装后不同时间、不同温度下的菌落总数。

6) 货架期检验。利用货架期模型估算鱼丸在常温下的货架期, 并检测鱼丸在该贮藏环境下的菌落总数, 以验证该货架期模型的准确性。

2 结果与分析

2.1 最低抑菌浓度测试结果

3 种抗菌剂最低抑菌浓度测试结果见表 2—4, 其中“—”表示无细菌生长, “+”表示有细菌生长。从

测试结果看, 壳聚糖对大肠杆菌、假单胞菌与金黄色葡萄球菌的最低抑菌质量分数分别为 5%, 2.25%, 1.25%; 丙酸钙对以上 3 种腐败菌的最低抑菌质量分数分别为 0.3%, 0.15%, 0.075%; 茶多酚对以上 3 种腐败菌的最低抑菌质量分数分别为 0.3%, 0.15%, 0.075%。

表 2 壳聚糖最低抑菌浓度测定结果
Tab.2 Determination of minimum inhibitory concentration of chitosan

菌种	质量分数/%						细菌对照	抑菌对照
	5	2.5	1.25	0.625	0.3125	0.156 25		
大肠杆菌	—	—	+	+	+	+	+	—
假单胞菌	—	+	+	+	+	+	+	—
金黄色葡萄球菌	—	—	—	+	+	+	+	—

表 3 丙酸钙最低抑菌浓度测定结果
Tab.3 Determination of minimum inhibitory concentration of calcium propionate

菌种	质量分数/%						细菌对照	抑菌对照
	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075	0.0375		
大肠杆菌	—	—	—	—	+	+	+	—
假单胞菌	—	—	—	+	+	+	+	—
金黄色葡萄球菌	—	—	—	—	—	+	+	—

表 4 茶多酚最低抑菌浓度测定结果
Tab.4 Determination of minimum inhibitory concentration of tea polyphenols

菌种	质量分数/%						细菌对照	抑菌对照
	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075	0.0375		
大肠杆菌	—	—	—	+	+	+	+	—
假单胞菌	—	—	—	—	+	+	+	—
金黄色葡萄球菌	—	—	—	—	—	+	+	—

2.2 正交实验测试结果

3 菌种等比例混合后置于培养皿内, 利用牛津杯法, 测定不同配方下抗菌液的抑菌效果, 进行正交试验分析, 见表 5。

表 5 抗菌效果正交试验
Tab.5 Orthogonal test of antibacterial effect

试验号	水平			抑菌圈直径/cm
	A	B	C	
1	1	1	1	1.188
2	1	2	2	1.244
3	1	3	3	1.072
4	2	1	2	1.108
5	2	2	3	1.432
6	2	3	1	1.354
7	3	1	3	1.530
8	3	2	1	1.426
9	3	3	2	1.424
K_1	1.168	1.275	1.323	
K_2	1.298	1.367	1.259	
K_3	1.460	1.283	1.345	
极差 R	0.292	0.092	0.086	
主次顺序	$A>B>C$			
优水平	A_3	B_2	C_3	
优组合	$A_3B_2C_3$			

从正交实验结果可知, 最终配方中壳聚糖、丙酸钙、茶多酚的质量分数分别为 5%, 0.15%, 0.3%。壳聚糖起主要抗菌作用 (同时也是成膜物质), 其生物可降解, 生物相容性良好, 具有广谱抗菌性^[9-10], 溶于 pH 值低于 6.2 以下的酸溶液时可成膜, 且力学性能良好^[11]。壳聚糖膜与鱼丸 (酸性介质) 接触后, 分子中的 NH^{3+} 与细胞壁上的阴离子结合, 阻碍细胞壁的生物合成, 从而起到抑菌作用。茶多酚具有抗氧化与广谱抗菌性, 且可与某些物质起到协调抗菌作用, 如抗坏血酸。茶多酚易溶于水与乙醇, 在酸性条件下稳定^[12], 其抗菌机理主要是与壳聚糖、丙酸钙协同抗菌 (影响细胞膜结构), 单独使用时抑菌效果有限。丙酸钙无毒无害, 易溶于水, 在酸性条件下可产生游离丙酸, 具有抗菌作用, 在 pH 值为 5.0 时霉菌的抑制效果最佳, 在酸性介质中 (淀粉、含蛋白质与油脂的物质), 对各类霉菌、革兰氏阴性菌、革兰氏阳性菌、好氧芽孢菌和黄曲霉菌有较强的抑制作用, 而对酵母菌无害^[13]。由于乙酸的挥发, 丙酸钙的抗菌效果有所减弱, 但与酸性介质 (淀粉、含蛋白质与油脂的物质) 接触后游离出的丙酸仍具有较强杀菌作用。

2.3 水分含量的测定结果

微波加热对延长鱼丸在常温下的货架期十分重要，未使用微波加热单纯使用复合抗菌膜的鱼丸，通过 TVB-N 值与菌落总数的测定，其货架期只有 5 d。微波可以减少鱼丸自身的自由水（细菌繁殖的必需品），同时可以有效杀菌减少鱼丸的初始菌落总数，从而延长鱼丸货架期。25 ℃环境下，微波（功率为 400 W）时间分别设定为 60，90，120，150 s，测定鱼丸水分含量与初始菌落总数，见表 6。

综合考虑含水量、初始菌落总数与鱼丸品质的情况，选定微波加热 120 s 作为降低鱼丸水分含量与初始菌落总数的方法（考虑到普通电商用户的实际情况，没有采用真空微波干燥法，而是使用的普通微波炉）。

2.4 鱼丸品质的测定结果及货架期预测

不同贮藏温度下，鱼丸的 TVB-N 值见表 7。通过一级反应方程^[14] $X(t) = x_0 e^{-kt}$ ，对不同贮藏温度下

表 6 鱼丸水分含量与初始菌落总数
Tab.6 The moisture content of fish ball and total initial bacterial count

微波时间/s	含水量/%	初始菌落总数/ (CFU·g ⁻¹)	品质
60	40.97	160	Q 弹，口感佳，色泽不变
90	24.51	138	Q 弹，口感佳，外观色泽轻微发黄
120	15.95	85	Q 弹，口感佳，外观色泽轻微发黄
150	12.16	53	鱼丸变干，口感变差，外观色泽变黄

的 TVB-N 值进行回顾分析，得到相关系数，见表 8。拟合精度 R^2 均大于 0.9，说明回归方程具有很高的拟合精度。一级反应方程中， $X(t)$ 为贮藏 t 时刻的 TVB-N 值， x_0 为初始 TVB-N 值(meq/kg)，其中 78.8 meq/kg=1 mg/(100 g)， k 为氧化反应速率常数。

表 7 鱼丸的 TVB-N 值
Tab.7 The TVB-N value of fish ball mg/(100 g)

时间/d	不同温度下的 TVB-N 值								
	10 ℃	15 ℃	20 ℃	25 ℃	30 ℃	35 ℃	40 ℃	45 ℃	50 ℃
1	1.12	1.40	1.68	1.8	1.96	2.80	3.08	2.24	2.55
2	1.40	1.68	1.96	1.96	2.24	3.92	4.48	3.08	3.36
3	1.68	1.96	2.24	2.8	3.08	5.04	5.88	3.92	4.20
4	1.96	2.24	3.08	3.36	3.92	6.16	7.28	4.76	5.04
5	2.24	2.80	3.64	3.92	4.76	7.28	8.96	5.60	6.16
6	2.80	3.36	4.20	4.48	5.60	8.40	10.36	6.44	7.28
7	3.36	3.92	4.76	5.04	6.44	9.52	11.76	7.28	8.40
8	3.64	4.20	5.04	5.60	6.72	10.64	13.16	8.40	9.24
9	3.92	4.76	5.88	6.72	7.28	12.32	14.84	9.24	10.64
10	4.20	5.38	6.72	7.84	8.40	14.00	16.24	10.64	11.76

表 8 动力学模型参数
Tab.8 Kinetic model parameters

温度/℃	回归方程	相关系数 R^2
10	$X=82.9469e^{0.1504t}$	0.9772
15	$X=98.7904e^{0.1520t}$	0.9881
20	$X=119.3070e^{0.1556t}$	0.9768
25	$X=127.0652e^{0.1617t}$	0.9797
30	$X=146.0136e^{0.1630t}$	0.9532
35	$X=224.8200e^{0.1638t}$	0.9685
40	$X=256.0826e^{0.1755t}$	0.9524
45	$X=178.2880e^{0.1633t}$	0.9707
50	$X=194.3771e^{0.1665t}$	0.9781

表 8 中所有回归方程的回归相关系数 R^2 均逼近于 1，说明方程拟合性良好。根据 GB 10136—2015^[15] 中 TVB-N 值≤30 mg/(100 g)，即 2364 meq/kg，可认为预制冷动物性水产品新鲜。计算出 10，15，20，25，

30，35，40，45，50 ℃温度下的货架期分别为 22，20，19，18，17，14，12，15，15 d。由于细菌的最佳繁殖温度在 38 ℃左右，因此贮藏温度为 35 和 40 ℃时商品货架期最短。

根据 Arrhenius 方程中反应速率 k 与温度之间的关系^[15]，即 $k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$ 。其中 k_0 为频率因子； E_a 为活化能； T 为绝对温度； R 为气体常数，即 8.314 44 J/(mol·K)。将该公式变形得： $\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT}$ ，将表 8 中的 k 值与绝对温度 T 代入该方程进行回顾分析，得到氧化反应速率常数与温度的关系模型，即 $k = 0.4931e^{-\frac{335.0097}{T}}$ ，拟合精度 $R^2=0.7429$ 。通过残差分析，发现 45 ℃对应的 k 值偏差过大，将其视为异常数据剔除，剩余数据重新进行回归分析，得模型

$k = 0.7348e^{\frac{-452.0712}{T}}$, 拟合精度 $R^2=0.9578$ 。

利用货架寿命加速实验^[16], 用 Q_{10} 表示鱼丸品质

劣变速率与温度的关系: $Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} = \frac{t_T}{t_{T+10}} = e^{\frac{4520.712}{(T+10) \times T}}$ 。

其中 Q_{10} 为温差 10 °C 时, 鱼丸品质降低的速率; k_{T+10} 为温度 ($T+10$) °C 下的氧化反应速率常数; k_T 为温度 T 下的氧化反应速率常数; t_T 为温度 T 下的鱼丸货架期; t_{T+10} 为 ($T+10$) °C 下的鱼丸货架期; T 为绝对温度。

非 10 °C 温差下, 任意温度为 T_2 , T_1 , 公式则改为 $Q_{10}^{\frac{T_2-T_1}{10}} = \frac{t_{T_1}}{t_{T_2}}$ 。通过该公式可预测鱼丸不同贮藏温度

区间的货架期模型。

1) 10 ~ 20 °C: $t_{T_1} = Q_{10}^{\frac{293-T_1}{10}} \times t_{20} = 1.0560^{\frac{293-T_1}{10}} \times t_{20}$ 。

10 ~ 20 °C 下, $Q_{10}=1.0560$ 。

2) 20 ~ 30 °C: $t_{T_1} = Q_{10}^{\frac{303-T_1}{10}} \times t_{30} = 1.0522^{\frac{303-T_1}{10}} \times t_{30}$ 。

20 ~ 30 °C 下, $Q_{10}=1.0522$ 。

3) 30 ~ 40 °C: $t_{T_1} = Q_{10}^{\frac{313-T_1}{10}} \times t_{40} = 1.0488^{\frac{313-T_1}{10}} \times t_{40}$ 。

30 ~ 40 °C 下, $Q_{10}=1.0488$ 。

根据上述货架期模型, 预测出鱼丸在 12, 18, 22, 28, 32, 38 °C 下货架期分别为 19.21, 17.13, 12.11 d。检测鱼丸在以上贮藏温度下的菌落总数, 结果见表 9。

表 9 菌落总数
Tab.9 Total bacterial count

CFU/g

时间/d	贮藏温度/°C					
	12	18	22	28	32	38
11	2863.6364	5409.091	7727.2727	8272.7273	19 090.9091	38 318.1818
12	4909.0909	6272.727	8545.4545	8772.7273	35 727.2727	52 090.9091
13	6136.3636	8181.818	8727.2727	9272.7273	39 318.1818	
14	7909.0909	8500	11 136.364	12 318.1818	53 590.9091	
15	9363.6364	10 227.27	16 318.182	19 090.9091		
16	14 272.7273	15 909.09	30 681.818	34 590.9091		
17	32 863.6364	32 681.82	33 863.636	37 818.1818		
18	33 363.6364	33 863.64	36 954.545	39 454.5455		
19	38 090.9091	37 227.27	47 272.727	50 727.2727		
20	39 363.6364	46 272.73	50 500			
21	39 636.3636	50 000				
22	50 045.4545					
实测货架期/d	21	20	19	18	13	11
预测货架期/d	19	19	17	17	12	12
误差率/%	9.5	5	10.5	5.6	7.7	9.1

根据 GB 10136—2015^[15]中规定的预制性水产制品的菌落总数不得高于 50 000 CFU/g 的标准, 实测出鱼丸在 12, 18, 22, 28, 32, 38 °C 下的货架期为 21, 20, 19, 18, 13, 11 d, 与模型预测货架期仅相差不大, 说明该方法所得的预测模型具有较好的拟合精度。

3 结语

该常温保鲜技术的抑菌保鲜机理为: 通过微波降低鱼丸含水量, 控制微生物繁殖所必需的自由水, 同时微波杀菌可降低鱼丸初始菌落总数; 利用壳聚糖、丙酸钙与茶多酚协同抗菌, 控制微生物繁殖速率。该常温包装技术可将鱼糜制品的货架期延长至 10 d 以上, 可以满足普通电商快递物流 3 ~ 5 d 内送达的要求。

参考文献:

- [1] 吕凯波, 李红霞, 熊善柏. 二氧化碳浓度对冰温气调贮藏鱼丸品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(2): 430—434.
LYU Kai-bo, LI Hong-xia, XIONG Shan-bai. Effects of CO₂ Concentration on Fish-ball Quality with Atmosphere Packing and Controlled Freezing-point Storage[J]. Food Science, 2008, 29(2): 430—434.
- [2] 郭燕茹. 基于抗菌包装和冷杀菌工艺的栅栏技术在鱼糜制品品质控制中的应用研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
GUO Yan-ru. The Application of Hurdle Technology Based on Antibacterial Packaging and Cold Sterilization during Surimi-based Product Storage[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015.
- [3] 王海丽, 杨春香, 杨福馨. 抑菌及抗氧化活性食品包装膜的研究进展[J]. 包装工程, 2016, 37(23): 83—88.

- WANG Hai-li, YANG Chun-xiang, YANG Fu-xin. Research Progress in Antimicrobial and Antioxidant Active Food Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 83—88.
- [4] 姜颖. 真空包装烤肠货架期预测及保鲜技术研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2012.
- JIANG Ying. Study on Shelf-life Prediction and Preservation Techniques of Roast Sausages[D]. Yantai: Yantai University, 2012.
- [5] 杨德. 试验设计与分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- YANG De. Experimental Design and Analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002.
- [6] 刘冬梅, 李理, 杨晓泉, 等. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 110—111.
- LIU Dong-mei, LI Li, YANG Xiao-quan, et al. Determination of the Antimicrobial Activity of Probiotic by Oxford Plate Assay System[J]. Food Research and Development, 2006, 27(3): 110—111.
- [7] SC/T 3032—2007, 水产品中挥发性盐基氮的测定[S].
- SC/T 3032—2007, Determination of the Total Volatile Basic Nitrogen in Fishery Products[S].
- [8] 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].
- GB 4789.2—2016, National Food Safety Standard Food Microbiological Examination: Aerobic Plate Count[S].
- [9] JAYAKUMAR R, NWE N, TOKURA S, et al. Sulfated Chitin and Chitosan as Novel Biomaterials[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2007, 40(3): 175—181.
- [10] JAYAKUMAR R, PRABAHARAN M, REIS R, et al. Graft Copolymerized Chitosan-present Status and Applications[J]. Carbohydrate Polymers, 2005, 62(2): 142—158.
- [11] DOMARD A, DOMARD M. Chitosan: Structure-properties Relationship and Biomedical Applications[J]. Polymeric Biomaterials, 2001(2): 187—212.
- [12] 仪淑敏. 茶多酚对鱼糜制品的冷藏保鲜作用及抑菌机理[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2011.
- YI Shu-min. Effect of Tea Polyphenols on Quality of Chiling Fish Surimi Products and Antibacterial Mechanisms[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2011.
- [13] 张洪丽. 防腐剂、防霉剂和酸度调节剂——丙酸钙[J]. 中国饲料添加剂, 2015(10): 16—18.
- ZHANG Hong-li. The Antiseptic and Preservative, Fungicide, Acidity Regulator: Calcium Propionate[J]. China Feed Additive, 2015(10): 16—18.
- [14] 吴行印, 谢晶. 动力学模型预测三文鱼在不同温度的货架期[J]. 包装工程, 2017, 38(3): 1—6.
- WU Xing-yin, XIE Jing. Dynamic Model to Predict the Shelf Life of Salmon at Different Temperatures[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(3): 1—6.
- [15] GB 10136—2015, 食品安全国家标准动物性水产制品[S].
- GB 10136—2015, National Food Safety Standard Aquatic Products[S].
- [16] SIMPON R, ALMONACID S, ACEVEDO C, et al. Mathematical Model to Predict Effect of Temperature Abuse in Map Systems Applied to Pacific Hake (*Merluccius Australis*)[J]. Journal of Food Process Engineering, 2003, 26(5): 413—434.